

**Bengt Rosén
Gustav Åkerblom**

MARKRADON

RIKTLINJER FÖR MARKRADONUNDERSÖKNINGAR

- Markradonundersökning – kartunderlag och fältmätningar**
- Riskklassning – bedömning av radonrisk, hög–normal–låg**
- Anpassad byggnadsteknik – krav vid nybyggnad**

Byggnadsforskningsrådet

INLEDNING

I den här skriften beskrivs hur man bör genomföra en markradonundersökning med syftet att klassificera markradonrisken och hur man skyddar sig mot förhöjd radonrisk vid nybyggnad. Åtgärder i befintliga radonhus behandlas däremot inte.

Radon är en radioaktiv gas vars sönderfallsprodukter, radondöttrarna, följer med inandningsluften. Alfastrålning från radondöttrarna kan skada lungvävnaderna. Upprepad exponering under lång tid kan orsaka lungcancer som yttrar sig först efter 20–40 år. Stråldosen och exponerings-

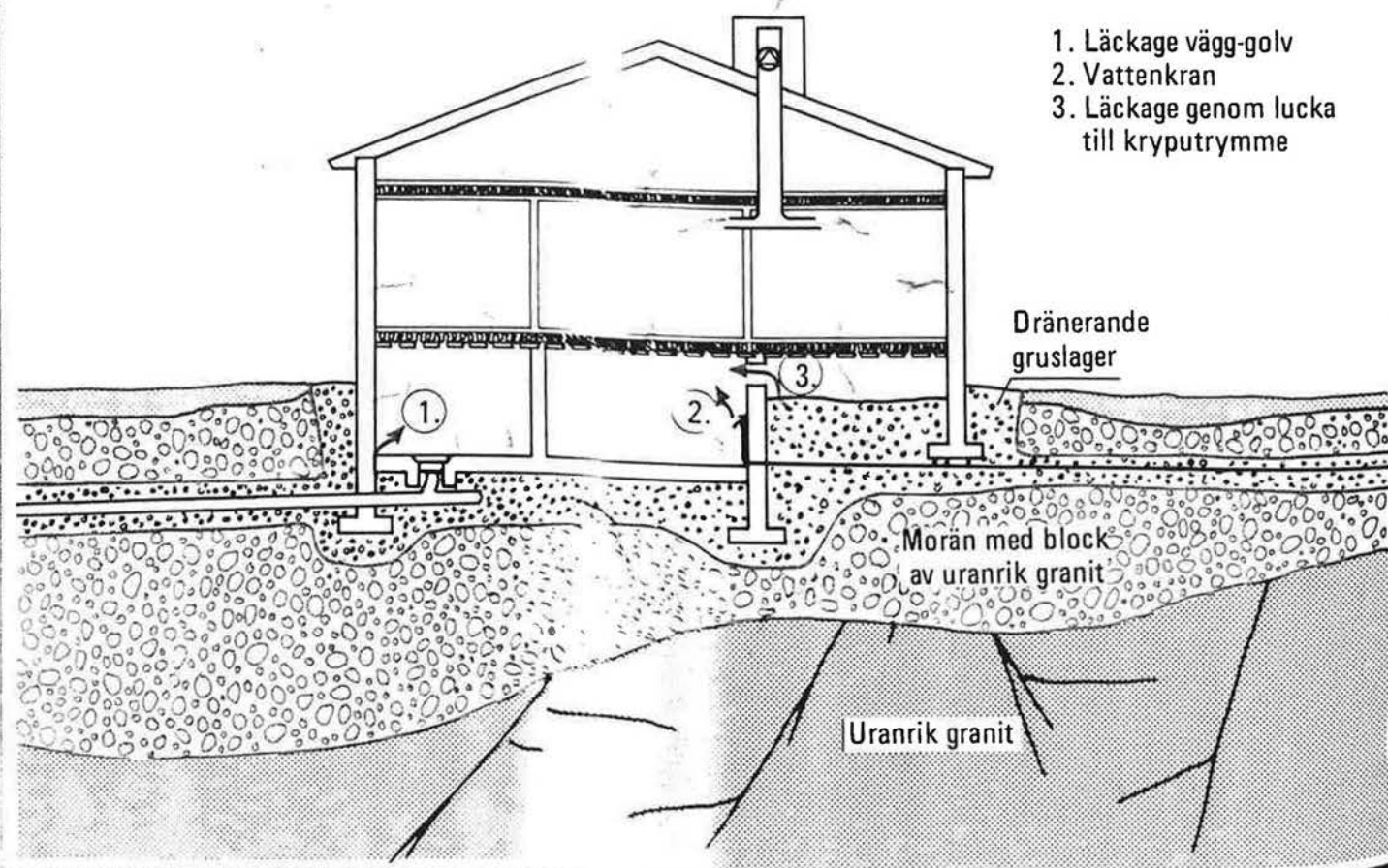
ringstiden är betydelsefulla för cancerutfallet. Radongas nybildas ständigt i jord och berg. En byggnad har normalt ett svagt undertryck gentemot jordluften och kan därför suga in markradon. Med anpassad byggnadsteknik kan man alltid skydda sig mot inläckande markradon i bostäder. Problemet är därför till stor del byggnadstekniskt.

I kommunerna kartläggs radonrisken från marken för att dels spåra befintliga hus med för höga radonhalter dels kunna beakta markradonrisken vid planläggning av ny bebyggelse.

DET TYPISKA RADONHUSET

Det avbildade huset har flera vanliga fel som var för sig kan ge förhöjda radonhalter. **Markradon** tränger in i bostaden på grund av otätheter i grundkonstruktionen, t.ex. mellan väggar och golv, inspektionsluckan till kryputrymme, golvsprickor och ledningsgenomföringar. Från lufts-

fläkten ökar tryckskillnaden mellan inomhusluften och jordluften, vilket bidrar till radoninträngningen. Radon kommer också från **byggnadsmaterialet** om ytterväggarna består av blå lättbetong. Även **vattnet** kan vara radonhaltigt och avge radon vid tappning.



Med radonrisk avses risken för att tillåten radondotterhalt i boendetrymmen överskrids. I nybyggda hus från 1981 får radondotterhaltens årsmedelsvärde inte överstiga 70 Bq/m³ och i ombyggda hus 200 Bq/m³ där personer vistas stadigvarande (SBN 80 och NR 1). Radonrisken bedöms med hänsyn till förväntad radonhalt i jordluften under byggnaden och jordens egenskaper. Enligt socialstyrelsen föreligger sanitär olägenhet om radondotterhalten överstiger 400 Bq/m³ i befintliga bostäder (SNI - 1 514:489/80). En sänkning till 200 Bq/m³ har föreslagits.

Enligt Plan- och bygglagen (PBL) skall varje kommun ha en aktuell översiktsplan omfattande hela kommunen. I översiktsplanen skall redovisas allmänna intressen som bör beaktas vid beslut om användningen av mark- och vattenområden. Detaljplan skall bl a pröva lämplighet för bebyggelse.

En riskområdesindelning bör i första hand göras för **tätbebyggda områden** och **stråk med relativt många**

byggnader, dvs områden där man kan förvänta sig att bebyggelsen förnyas och kompletteras, samt **områden för planerad och möjlig framtida bebyggelse**. En sådan indelning är också av stort värde vid uppspårning av befintliga markradonhus.

Utanför dessa områden kan det vara billigare, om det geologiska underlaget är bristfälligt, att undersöka markradonförhållandena för enstaka nya byggnader i samband med bygglovprövningen än att genomföra riskområdesindelningen över vidsträckt glesbebyggelse. Befintlig utspridd bebyggelse inom områden med förhöjd markradonrisk kontrolleras lämpligen med avseende på radon(dotter)halt genom direkta mätningar inomhus.

Statens planverk har i rapport 59, 1982 "Radon - planläggning, byggnadslov och skyddsåtgärder" dragit upp riktlinjerna för riskklassificering av mark. Detaljerade riktlinjer för klassning ges i "Radon i bostäder, Markradon", BFR R85:1988.

Air Infiltration and Ventilation Centre
University of Warwick Science Park
Barclays Venture Centre
Sir William Lyons Road
Coventry CV4 7EZ Tel: +44 (0) 203 692050
Great Britain Fax: +44 (0) 203 416306

ärav,
råden:

u-

c

ig-
åt-
luft

under Åtgärdskrav

³⁾

**Radonsäkert
Radonskyddande
Traditionellt**

19-3-92

UNDERLAG VID KLASSIFICERING

Planer och lov

Enligt 2 och 3 kap PBL skall planläggning och byggande ske med beaktande av markens lämplighet, varibland ingår jord-, berg- och grundvattenförhållandena. Markradonförhållandena måste alltså alltid beaktas.

I **översiktsplanen** bör markradonförhållandena redovisas översiktligt. I vissa fall kan för ett avgränsat område ges områdesbestämmelser med föreskrifter om markradonklass (t ex högradonmark) eller erforderliga skyddsåtgärder (t ex radonsäkert utförd grundkonstruktion).

Vid **detaljplanering** bör markradonförhållandena redovisas översiktligt eller så detaljerat att ytterligare undersökningar inte erfordras vid bygglovprövning.

Vid **bygglovprövning** kan krävas en tillräckligt utförlig markradonundersökning så att behovet av skyddsåtgärder mot markradon kan bestämmas. I förutsättningen för bygglov kan krävas att radonhalter mäts i den färdiga byggnaden, om markradonrisken är oklar.

Radonriskkartor

Vid översiktlig riskklassificering utnyttjas främst befintligt kartmaterial samt tidigare undersökningar och planer. Dessutom kan det vara befogat att göra orienterande undersökningar i fält:

Kartmaterial (förekomst, ålder och skala växlar över landet)

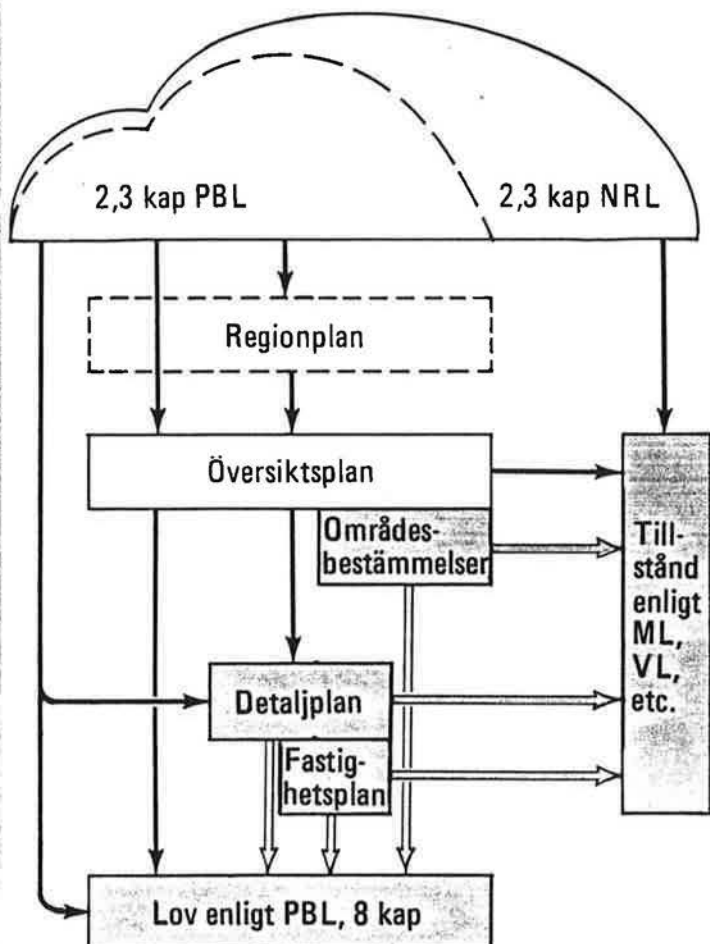
- Berggrunds- och jordartskartor med beskrivningar (SGU; Liber)
- Flygradiometriska kartor som visar gammastrålningen från marken (SGU/SGAB och LKAB)
- Geomorfologiska kartor (Stockholms universitet, naturgeografiska inst)
- Geostrålningskartor (SGAB)
- Beläggningskartor avseende cesium-137 (SGAB).

Tidigare undersökningar och planer

(i den mån sådana finns)

- Kommunala planer som redovisar befintlig och planerad sammanhållen bebyggelse
- Markradiometri (SGU och SGAB)
- Geoteknik (kommunernas byggnads- och gatukontor)
- Radonundersökningar i mark och nya byggnader (kommunernas byggnadsnämnder)
- Radonundersökningar i byggnader (kommunernas miljö- och hälsoskyddsnämnder)
- Grus- och täktinventeringar (länsstyrelser och kommuner).

Undersökningar. Avser i första hand gammastrålningsmätning på berg samt mätning av radonhalten i jordluft (se nedan).



Högriskområde
Normalriskområde
Lågriskområde

Riskklassificering av mark under byggnader

Vid riskklassificering av mark under byggnader krävs ett detaljerat underlag. Tillgänglig information från radonriskkartor utnyttjas tillsammans med kompletterande undersökningar i fält.

Detaljerade undersökningar **behövs** när följande förutsättningar föreligger:

- när det genom tidigare karteringar eller undersökningar är känt att marken utgörs av högriskområde eller då marken skulle kunna utgöra högradonmark,
- när kunskapsunderlaget för det aktuella området är bristfälligt eller saknas.

Detaljerade undersökningar **behövs inte** när följande förutsättningar föreligger:

- när det är känt att grundläggning skall ske på jordarter med låg luftgenomsläpplighet och/eller låg uranhalt (radiumhalt) och låg radonhalt i jordluften,
- när det är känt att grundläggning skall ske på berggrund med låg uranhalt (radiumhalt),
- när området är känt för att utgöras av lågradonmark,
- när området skall bebyggas med hus som har radonsäker konstruktion.

Högradonmark
Normalradonmark
Lågradonmark

Radonhalt Bq/m³
Gammastrålning µR/h
Radiuminnehållet Bq/kg

Undersökningar i fält

MÄTNINGAR VID GRUNDLÄGGNING PÅ JORD

Bestämning av radonhalten i jordluften samt möjligheten för transport av radonhaltig luft till byggnaden.

Antalet mätpunkter anpassas till geologin. Om husläget är bestämt kan det behöva göras 2–3 mätningar inom varje planerat husläge. Normalt behövs 4–6 mätningar per hektar. Vid enhetliga geologiska förhållanden kan dock antalet mätpunkter reduceras.

För att bedöma radonrisken behövs uppgift om **radonhalt, jordartens luftgenomsläpplighet och vattenmättnadsgrad samt mätdjup**. Luftgenomsläpplighet och vattenmättnadsgrad bedöms okulärt i fält eller vid tveksamhet i laboratorium. Luftgenomsläppligheten (permeabiliteten för luft) bedöms då med ledning av jordartsbestämning, vattenmättnadsgraden med ledning av jordprovets vattenkvot (vikts-%).

Om jord överlagrar berg i ett tunt jordtäckte är det inte meningsfullt att göra radonhaltsmätningar i jorden. Jorden schaktas sannolikt bort vid nybyggnad. På samma sätt kan det vara svårt att göra meningsfulla radonhaltsmätningar när grundvattnet ligger nära markytan. Gör då mätningar som vid grundläggning på berg eller fyllning.

MÄTNINGAR VID GRUNDLÄGGNING PÅ BERG ELLER FYLLNING

Gammastrålningen från berg eller sprängstensfyllning mäts i fält med gammamätare. Med en gammaspektrometer bestäms innehållet av radioaktiva ämnen. Radiuminnehållet samt bergets homogenitet och struktur är avgörande för radonrisken. Gångar eller sliror av t ex uranrika pegmatiter påverkar radonrisken liksom bergets kornstorlek, sprickighet och vittring.

Kompletterande bestämning av radonemanationen kan övervägas.

MÄTMETODER

För att bestämma gammastrålning från berggrund och radonhalt i jordluft finns olika metoder. Normalt görs mätningar direkt på platsen, momentant eller under längre tid. Möjligheter finns också att utföra analyser av jordprover på laboratorium. Mätningarna bör utföras och utvärderas av personal med geologisk/geoteknisk kompetens.

Gammastrålning

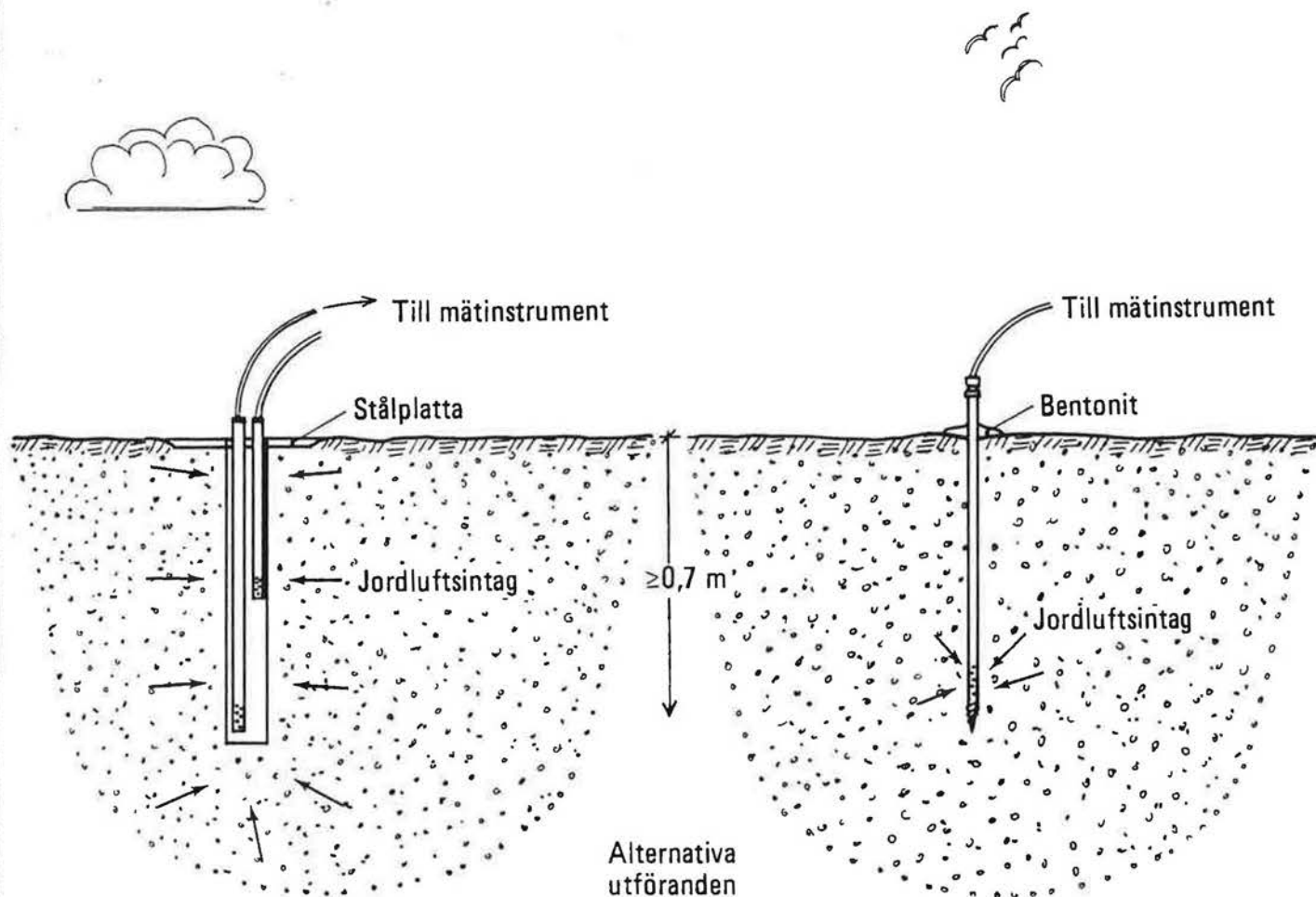
Gammamätare. För markradonundersökningar behövs känsliga gammamätare. Bäst lämpar sig instrument med natriumjodidskintillatorer. Gammastrålningen omvandlas till ljusblixtar (scintillationer) som kan registreras och omvandlas till pulser. Enheten för strålning är $\mu\text{Sv/h}$ (mikrosievert per timme) eller den äldre enheten $\mu\text{R/h}$ (mikroröntgen per timme). Gammastrålning förekommer naturligt från jord och berg såväl som från beläggning på markytan efter reaktorolyckan i Tjernobyl 1986. Nedfallet av ce-

sium-137 varierade över Sverige men kommer att ge förhöjd gammastrålning under tiotals år framöver.

Gammaspекtrometer. Momentanmätning. Med en spektrometer särskiljer man gammastrålningen från serien uran-238, som har direkt samband med risken för radon. Mätmetod enligt statens provningsanstalt SP A2 610. Mätningar bör göras i fält men kan även göras på provtaget material. Svårigheten i det senare fallet är att få ett representativt prov.

Radonhalt – momentant

Radonhaltig luft sugas in över en mätcell i en emanometer (scintillationsdetektor). När alfapartiklar från radon och radondöttrar träffar det fluorescerande ämnet på mätcellen uppstår scintillationer vilka omvandlas till mätbara elektriska pulser. Radon kan särskiljas från den radioaktiva gasen toron genom att instrumentavläsningen görs sedan det mesta av toronet sönderfallit, efter ca tre min. Radonhalten anges som koncentrationen av radon per m^3 luft (Bq/m^3).



Principen för **momentan** mätning av radonhalt

Radonhalt – långtidsregistrerande

Aktivt kol. ROAC (Radon On Activated Charcoal). Mätutrustningen består av en mätkopp (detektor) fylld med aktivt kol samt en plastmugg som hållare. Kolet har egenskapen att dra till sig (radon)gas och vatten. För att motverka påverkan av fukt i jordluften täcks det aktiva kolet i burken av fuktadsorberande silicagel. Detektorn exponeras i jorden under 5–8 dygn. Gammastrålningen som avges vid sönderfallet av radondöttrarna till det radon som absorberats på kolet mäts i laboratorium och omräknas till radonhalt.

Spårfilm. Mätutrustningen består av en filmremsa fastsatt i botten på en plastkopp. Alfapartiklar, från sönderfall av bl a radon, som träffar spårfilmen ger upphov till skador (spår) på ytskiktet. Genom kemisk etsning av filmen blir spåren synliga och kan räknas i ett mikroskop. Antalet spår per ytenhet är proportionellt mot radonhalten. Öppningen på plastkoppen täcks med ett semipermeabelt plastmembran eller motsvarande för att dels hindra toron, radon- och torondöttrar att komma in i koppen dels hindra fukt som annars ofta kondenserar på filmen och motverkar spårbildningen. Mättiden väljs normalt till 3–5 veckor.

Halvledardetektorer. Två system har testats i Sverige men inget av dem har ännu kommit till större användning.

En halvledardetektor för alfapartikel-detektering är i princip en backspänd p-n diod av t ex litiumdopad kisel. Alfapartiklarna ger upphov till laddningsskillnader och mätbara spänningspulser. Antalet pulser är ett mått på radon- och toronhalten.

Med system alpha-METER 400 (alpha NUCLEAR, Kanada) grävs en cylinder ner i jorden, \varnothing 51 mm och 35 cm lång. Cylindern innehåller både detektor och räkneenhet. Avläsningen görs direkt på cylinderns ovansida. Utan modifiering registreras både radon och toron. Cylinderns längd medger endast mätning på grunda jorddjup vilket är otillfredsställande med tanke på vädringseffekter m m i jorden.

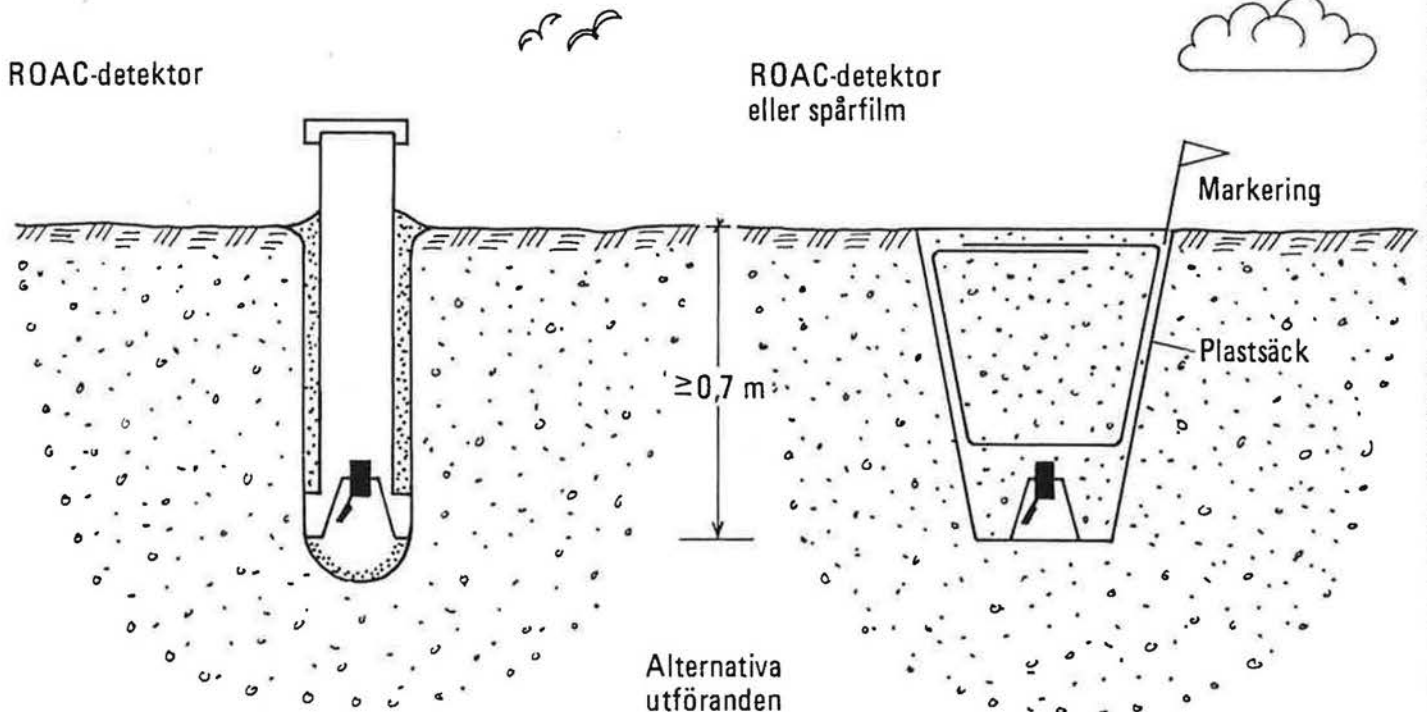
System alpha-CARD (alpha NUCLEAR, Kanada) består av ett fyrkantigt platt kort (detektor) som placeras i jorden i likhet med spårfilmerna men fritt hängande i en kopp. Detektorn avläses på plats efter minst 12 timmar genom att kortet stoppas i en avläsare (halvledardetektor) varvid summan av registrerad radon- och toronhalt presenteras.

Uran- och radiumhalt

Laboratoriebestämning. Gammalspektrometrisk analys för bestämning av radium-226 eller direkt analys av uran-238. Jämför med gammalspektrometer ovan. Mätmetod SP A2 605.

Emanation

Laboratoriebestämning. Innebär att man mäter resulterande radonhalt i ett gastätt kärl innehållande det radonavgivande materialet.



Principen för långtidsregistrerande mätning av radonhalt.

HUSGRUNDLÄGGNING

Risker vid grundläggning

Grundläggningssättet och utförandet är avgörande för om markradon skall tränga in i en byggnad. Normalt har man ett undertryck i byggnaden jämfört med lufttrycket i markens porer. Därmed finns en pådrivande kraft som kan transportera radonhaltig jordluft in i byggnaden. Sprickor med 0,5 mm vidd är tillräckligt stora för att medge transport av jordluft. Även små läckage av normalt radonhaltig jordluft (10 000–50 000 Bq/m³) räcker för att överskrida gränsvärdet 70 Bq/m³ i radondotterhalt inomhus. Kulvertar och ledningar som förbinder huset med (hög)radonmark i **angränsande områden** utgör också en risk.

Grundregeln är därför: **UTFÖR GRUNDKONSTRUKTIONEN OMSORGSFULLT OCH TÄTA ALLA TYPER AV GENOMFÖRINGAR MED ELASTISK FOGMASSA ELLER PÅ MOTSVARANDE SÄTT.**

Hustyper

Nedanstående hustyper är numrerade från bästa till sämsta förutsättningar att motstå markradoninträngning.

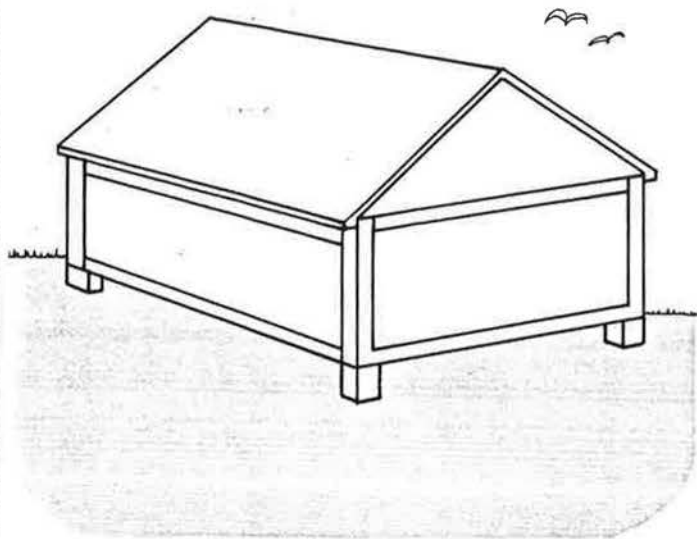
Hustyp 1. Hus på friliggande plintar.

Hustyp 2. Hus med ventilerad kryprumsgrund. I äldre byggnader talar man vanligen om torpargrund.

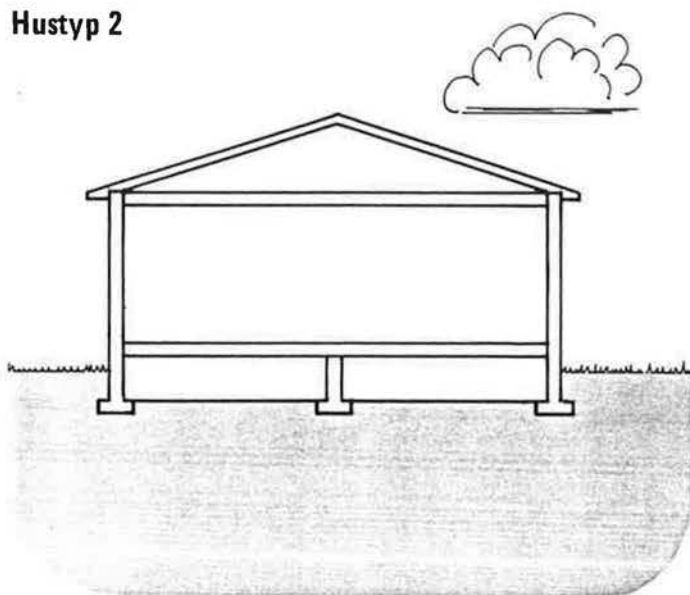
Hustyp 3. Grundläggning med kantförstyvad betongplatta på mark i ett stycke.

Hustyp 4. Hus med källarvåning (suterrängplan). Grundläggning med platta på mark. Från radonrisksynpunkt är bottenplattan likvärdig med hustyp 3, dessutom finns det väggar under markytan. I fallet 4b är källargolvet frilagt från grundmurarna.

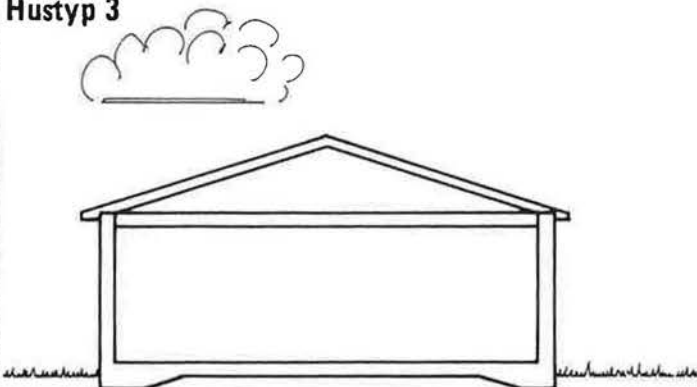
Hustyp 1



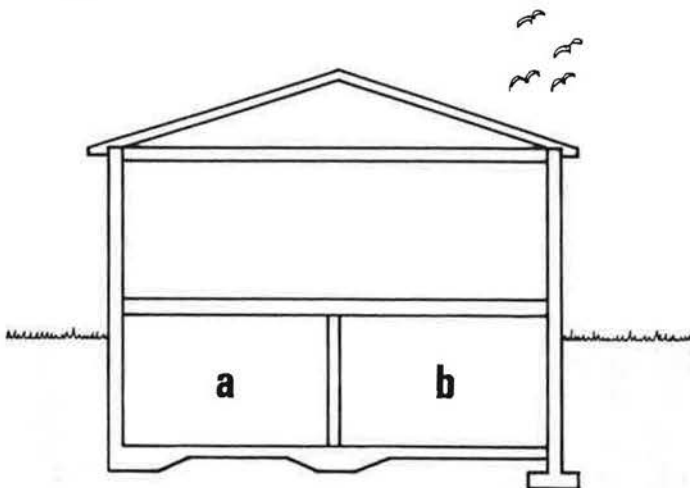
Hustyp 2



Hustyp 3



Hustyp 4



Anpassad byggnadsteknik

Den anpassade nybyggnadstekniken beskrivs här med utgångspunkt från de åtgärdskrav som är kopplade till radonrisken (sid 3): traditionellt, radonskyddande, radonsäkert. Ett principresonemang förs kring radonlösningar utan att ange tekniska data. Vid tveksamhet är det lämpligt att planera för och eventuellt förbereda tekniska lösningar som med kompletteringar på färdig byggnad ger ett bättre radonskydd.

FRILIGGANDE PLINTAR (Hustyp 1)

Traditionellt=radonsäkert: Radon från marken späds normalt ut med atmosfärsluften så att konstruktionen anses radonsäker.

KRYPGRUNDSHUS (Hustyp 2)

Traditionellt=radonskyddande: Bottenbjälklaget är oftast av trä och relativt otätt. Om kryputrymmet ventileras normalt uppstår sällan problem på låg- eller normalradonmark. Viktiga moment för att utestänga markradonet är

- plastfolie på markytan
- god ventilation av kryputrymmet
- tätast möjliga bottenbjälklag
- litet undertryck inomhus (0–3 Pa)

Radonsäkert: Problem kan uppstå på mark med stor radonavgång. Den billigaste lösningen är att lägga slitsad dräneringsslang i en grusbädd under plastfolien. Vid behov (höga radonhalter inomhus) ansluts slangändarna till fläkt(ar) som ventilerar bort den radonhaltiga jordluften under plastfolien. Inneluftventilerat kryputrymme anses ge ett radonsäkert skydd. Om en värmeväxlare ansluts måste denna vara av typ plattvärmväxlare så att inte stora läckage uppstår mellan till- och frånluft. Ett samverkansbjälklag (betong med ingjutna plåtprofiler) är också en rimlig teknisk lösning.

GRUNDPLATTA (Hustyp 3 och 4)

Traditionellt: Kantförstyvad betongplatta i ett stycke med tjocklek 8–10 cm och kvalitet K20. Om plattan är dåligt underbyggd finns risk för ojämna sättningar med genomgående sprickor som följd.

Radonskyddande=radonsäkert: Plattan blir tätare och styvare om man

- ökar tjockleken
- väljer bättre betongkvalitet.
(dubbelarmerar med) finmaskigt armeringsnät
- vibrerar omsorgsfullt.

Fördringar på plattan skall vägas mot kostnaden av radonsänkande åtgärder i efterhand. Slitsade dränerings slangar som lagts i dräneringsgruset redan under byggnationen kan ventileras med självdrag eller vid behov anslutas till en fläkt via hål i grundplattan.

VÄGGAR UNDER MARKYTAN (Hustyp 4a)

Traditionellt: Murad vägg.

Radonskyddande=radonsäkert: En platsgjuten betongvägg ger ett bra radonskydd. Enkla formsystem finns även för Gör-det-själv-byggaren. Murade väggar och väggelement kan spricka med tiden. Om man väljer murade väggar bör luftspaltbildande material läggas mot utsidan. Luftspalten måste eventuellt ventileras med fläkt. Alternativt läggs membranisolering utan luftspalter på utsidan. Med en tät utsida måste dock insidan kunna andas för att fuktproblem skall undvikas.

LÄNGSGÅENDE PLATTOR OCH GRUNDMURAR (Hustyp 4b)

Traditionellt: Risk för läckage mellan golvplatta och grundmur.

Radonskyddande=radonsäkert: Bör ej användas. Välj i stället hustyp 4a.

Bra radonlösningar kan ge andra typer av skador: Varm fuktig bostadsluft som tillåts kondensera under bottenbjälklaget kan ge fuktskador. Ett välisolerat bottenbjälklag kan ge tjällyftning på grundkonstruktionen.

Kommunens byggnadsnämnd skall informera om markradonrisken och kontrollera att den har beaktats.

Då byggnadstekniken är oprövad i radonsammanhang måste byggherren ta ansvar för att effekten av radonförebyggande åtgärder blir tillräcklig.

RADONHALTS- VARIATIONER

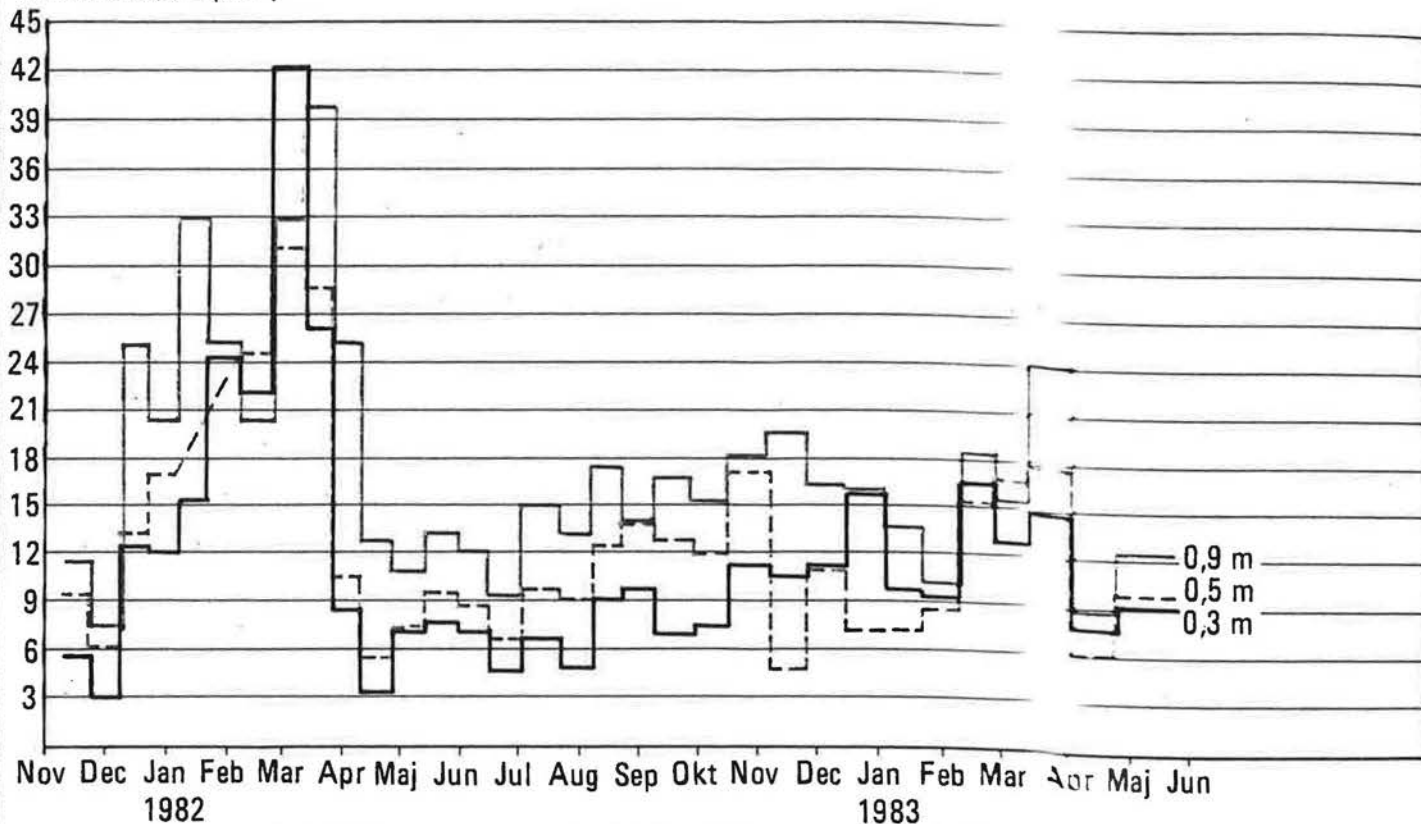
Radonhalten i jordluft varierar med både tiden och mätplatsen. Radonriskbedömningen måste därför samman-

väga uppmätt radonhalt med jordens egenskaper, mät djupet och rådande meteorologiska förhållanden.

Variationer med tiden beror av många orsaker.

Radonmätningar i siltig sand
(SGI, Rapport 24)

Radonhalt (k Bq/m³)



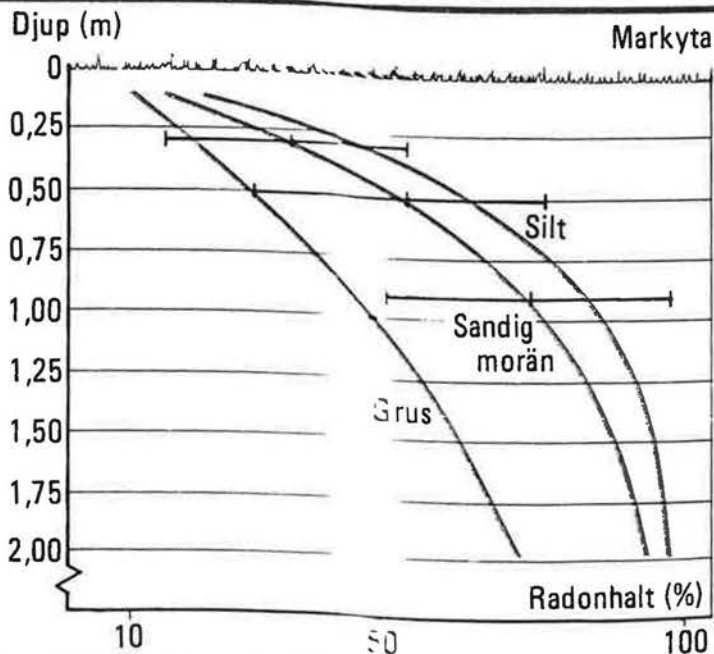
Välj vegetationsperioden för mätning och utvärdering enligt sid 12. Under vinterperioden kan svårtolkade förhållanden gälla beroende på tjälförhållandena.

Variationer med mätdjupet
(Effekten av diffusion och luftväxling)

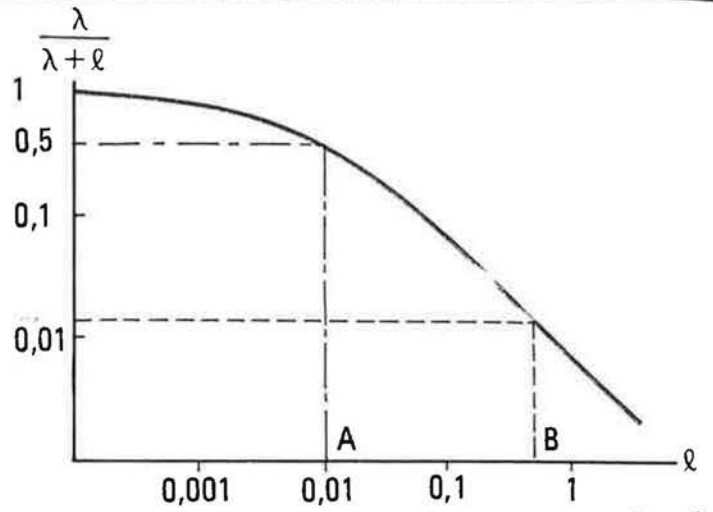
Välj lämpligt mätdjup, minst 0,7 m under markytan!

Effekten av **diffusion** på radonhalten i jordluften.

Teoretisk beräkning för grus, sandig morän och silt. Inlagt också intervallen för långtidsregistrerad radonhalt på jorddjupen 0,3–0,5–0,9 m i siltig sand (april–okt, 1982; SGI, Rapport 24). För redovisade intervall kan finnas påverkan utöver diffusion.



Luftväxling i jorden (konvektion) påverkar radonhalten i porluften. (Efter BFR-rapport R128:1981)



λ = sönderfallskonstant för radon-222 = $7.55 \times 10^{-3} \text{ (h}^{-1}\text{)}$

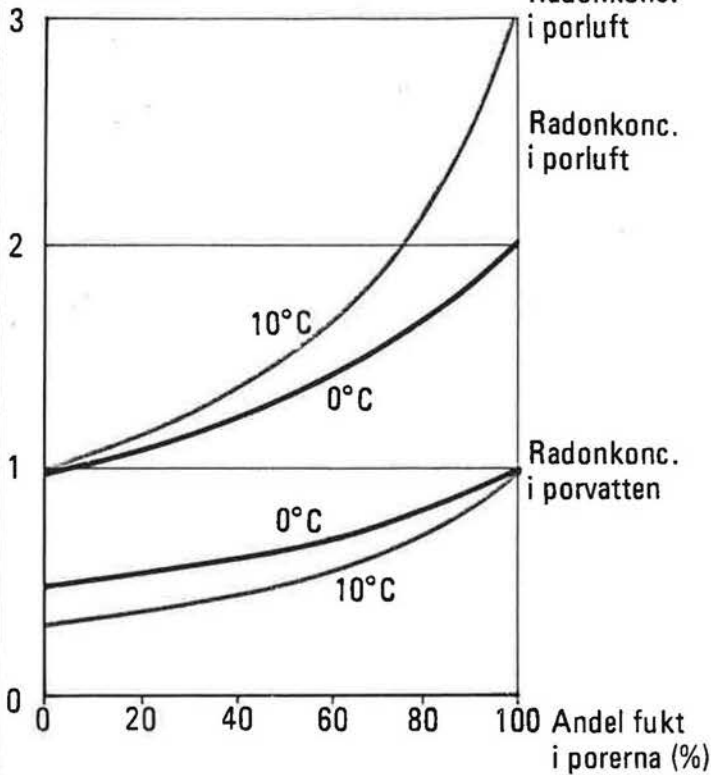
ℓ = ventilation (oms/h)

$\frac{\lambda}{\lambda + \ell}$ = förhållande som styr radonhalten

En ökning av luftväxlingen från A till B (50 ggr) ger 29 ggr lägre radonhalt

Variationer med vattenmättnadsgraden (och temperaturen)

Relativ radonkoncentration



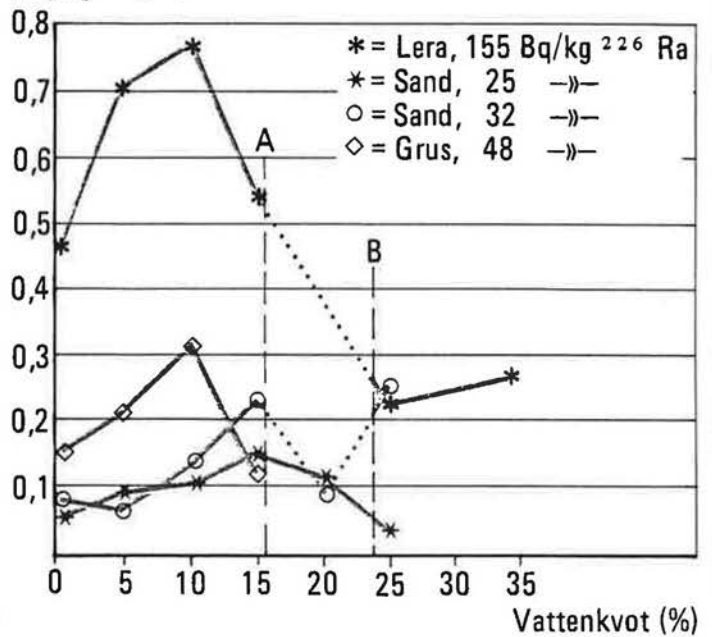
(Efter BFR-rapport R9:1983)

Förändrad vattenmättnadsgrad kan ge stora radonhaltsskillnader. Max 200% förändring av radonhalten i jordluft.

Temperaturförändringar är mindre viktiga. Max 50% förändring av radonhalten i jordluft vid 0–10° C.

Undvik radonmätning i extremt torra eller blöta jordar!

Exhalation ($\text{Bq/kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$)



(Efter SGI, Varia 154)

Emanationen och därmed exhalationen ökar med vattenmättnadsgraden till en viss toppnivå som är specifik för varje jordart. Exhalationen avtar sedan och är mycket låg vid vattenmättnad.

A motsvarar vattenmättnad vid porositeten 30%, B vattenmättnad vid 40%.

(Laboratorieförsök utförda vid SGI)

TOLKNING AV RADONUNDERSÖKNING

Radonrisken från mark *bedöms* med utgångspunkt från tillgängligt kartmaterial och eventuella kompletterande undersökningsresultat. Även om särskilda mätinsatser utförts måste dessa tolkas och sammanvägas med alla faktorer som påverkar markradonförhållandena, också sedan området bebyggt. Radonrisken klassas *allmänt* som HÖG, NORMAL eller LÅG och avser obebyggt mark. Jämför sid 3 som avser mark under färdig byggnad.

HÖG

- Blottad berggrund av bergarter med förhöjd till hög uranhalt som *te* alunskiffer, vissa graniter och pegmatiter samt uranmineraliseringar.
- Grus och grovkorniga moräner om radonhalten överstiger 50 000 Bq/m³. Kännetecknas av stor luftgenomsläpplighet och hög radonemanation. Således kan även låga radiumhalter (minst 50 Bq/kg) ge en radonhalt

på mer än 50 000 Bq/m³ i luften under byggnad.

- Silt, lera och finkorniga moräner om radiumhalten är minst 100 Bq/kg så att radonhalten under byggnad blir minst 60 000/80 000 Bq/m³. Tillgänglig luftmängd begränsas av luftgenomsläppligheten.

LÅG

- Blottad berggrund av bergarter med låg uranhalt som *te* kalksten, sandsten, kvartsiter och basiska vulkaniter.
- Sediment av sand, silt samt lera med mer än ca 2 m mäktighet; ej uttorkad och utan inblandning av uranmineraliserade bergarter som alunskiffer.

NORMAL

- Mark som inte utgör hög- eller lågradonmark, dvs huvuddelen av all mark i Sverige.

Överslagsintervall för riskbedömning av *jord* under vegetationsperioden. Radonmätningar görs normalt 0,7–1,0 m under markytan. Här anges intervall för 1 m djup (radonhalt Bq/m³):

markklass	grus	siltig-sandig morän	silt	lera
Högradonmark	>50 000	>50 000	>60 000	>80 000
Normalradonmark	10 000–50 000	10 000–50 000	20 000–60 000	40 000–80 000
Lågradonmark	<10 000	<10 000	<20 000	<40 000

Överslagsintervall för riskbedömning av *berg* respektive *fyllning*. Gammastrålning avser mätning en meter över markytan:

markklass	markyta	gammastrålning (μR/h)*	radium-226 (Bq/kg)
Högradonmark	berg	>20 à 30	>200
	sprängsten	>15 à 25	>125
Normalradonmark	berg	8 à 12 – 20 à 30	60 – 200
	sprängsten	5 à 8 – 15 à 25	25 – 125
Lågradonmark	berg	<8 à 12	<60
	sprängsten	<5 à 8	<25

* / 1 μR/h = 0,01 μSv/h

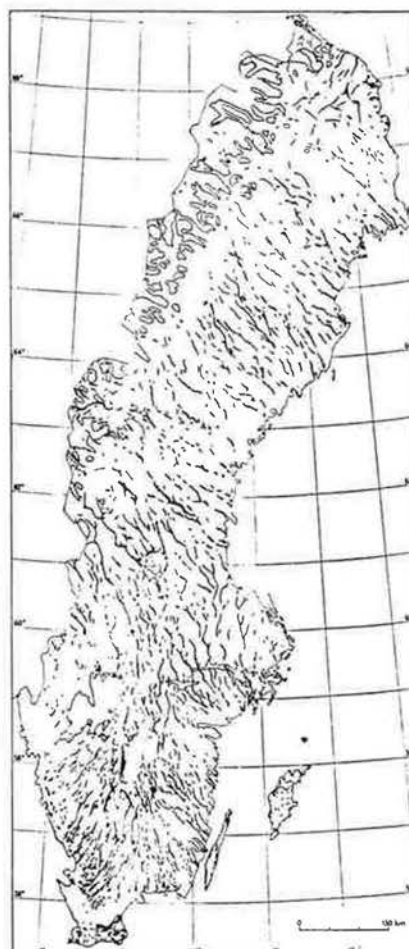
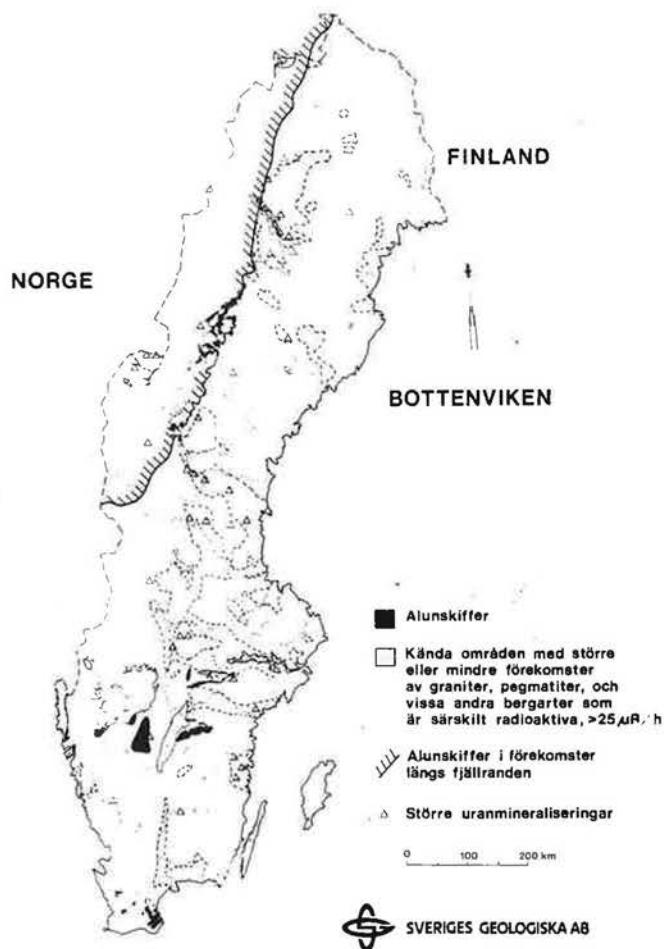
Radonavgången från hålltytor ökar med kornstorlek, skiffrighet, sprickighet och vittring.

FÖRHÖJD RADONRISK

I områden med förhöjd radioaktivitet, och därmed ökad radonrisk inomhus, ingår främst geologiska bildningar innehållande alunskiffer, vissa graniter, pegmatiter och uranmineraliseringar. Se nedanstående berggrundskarta.

Luftgenomsläpplig (permeabel) jord typ grusåsar kan också utgöra områden med förhöjd radonrisk om radonhal-

ten i jordluften överstiger 50 000 Bq/m³. Områden med grovkorniga jordar förekommer inom de allra flesta av landets kommuner och kan ofta utläsas av jordartskartor. För att bestämma riskklassen bör radonhalten i jordluften mätas.



RADON I GRUNDEVATTEN

Vid tappning av radonhaltigt vatten inomhus får man schablonmässigt en tiondel av vattnets radonhalt (Bq/l) som radondotterhalt i rumsluften (Bq/m³). Privata brunnar torde främst vara av intresse medan radonhalten oftast är låg i vatten som passerat ett större vattenverk.

Radonhalten i jordgrundvatten är normalt 10–200 Bq/l. Berggrundvatten med förhöjda radonhalter (mer än 1 000

Bq/l) förekommer ofta hos uranrika graniter t ex i norra Bohuslän, Bergslagen, Jämtland, Västerbotten och Norrbotten. Höga halter förekommer också i samband med vissa gnejser, pegmatiter, sura vulkaniter och uranmineraliseringar. Däremot är det sällsynt med höga radonhalter i grundvattnet från alunskifferområden. Alunskifferberggrunden är mycket tät med liten radonavgång.

NORMAL RADIOAKTIVITET

Gammastrålningen kan utnyttjas för att snabbt och enkelt mäta radioaktiviteten i jord och berg. Gammastrålning avges vid sönderfall i både uranserien (uran-238) och toriumserien (torium-232) samt vid sönderfall av kalium-40. Sönderfall och gammastrålning förekommer från alla serierna samtidigt men i varierande proportioner från plats till plats. Vid förhöjd gammastrålning är det därför intressant att undersöka uranseriens andel, dvs den del som ger upphov till radon.

Normal gammastrålning från svensk granit och gnejs uppgår till **5–20 µR/h**. Strålningen kan öka till ca 65 µR/h över uran- eller toriumrika graniter, i alunskiffer med högt uraninnehåll ända till ca 250 µR/h. Låg gammastrålning är kännetecknande för kalksten i första hand, även diorit, sandsten och skiffer (ej alunskiffer).

En byggnad skall enligt SBN 80 anordnas så att gammastrålningsnivån i boendetrymmen inte överskrider 50 µR/h. Motsvarande bestämmelse har tagits bort i Nybyggnadsregler (NR 1). Enheten µR/h motsvaras av 0,01 µSv/h.

Radonhalten i jordluft kan mätas direkt eller omräknas ungefärligt med utgångspunkt från uppgifter om radium-226 eller uran-238.

Den maximala radonavgången från ett material, **bildningen**, kan definitionsmässigt beräknas som koncentrationen av radium-226 multiplicerad med radonets sönderfalls

derfallskonstant ($7,55 \cdot 10^{-3} \text{ h}^{-1}$). Enhet $\text{Bq kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ eller $\text{Bq m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. Erfarenhetsmässigt har man funnit att den andel av det bildade radonet som når materialets porer, **emanationen**, är:

grus	15–40%
sand	15–30%
lera	30–70%
krossad bergart (Ø 1–8 mm)	5–15%
krossad uranrik granit (Ø 1–8 mm)	15–30%

Emanationen ökar med materialets porositet såsom vid uppkrossning och vittring samt med ökad radiumhalt.

Med uppgift om jordartens aktivitet (A, Bq/kg radium-226, emanationen (e, %), torra (skrym)densiteten (ρ, kg/m³) och porositeten (p, %) kan man beräkna radonhalten för ett homogent jordlager. **Porositeten** brukar variera mellan 30 och 40% (extremt 15–45%) i sand och grus. **Densiteten** för sand och grus varierar mellan 1600 och 2000 kg/m³, i morän mellan 1800 och 2300 kg/m³.

Följande exempel visar maximal radonhalt för en normal morän på ett jorddjup där luftomsättningen är 0 oms/h:

$$\frac{50 (A) \cdot 0,25 (e) \cdot 1900 (\rho)}{0,3 (p)} = \text{ca } 79\,000 \text{ Bq/m}^3$$

Följande erfarenhetsvärden kan anses normala på 1 m djup i svenska jordarter:

	Radiuminnehåll (Bq/kg)*	Radonhalt i jordluft (Bq/m ³)
Morän, normal	15– 62	5 000– 30 000
Morän av granit	30– 125	10 000– 60 000
Morän av radiumrik granit	125– 360	10 000–200 000
Grus	30– 75	10 000–150 000
Sand, silt	6– 60	2 000– 30 000
Lera	25– 100	10 000– 80 000
Jordarter som innehåller alunskiffer	175– 2 500	50 000– > 1 miljon

*/ 12,3 Bq/kg ²²⁶Ra är ekvivalent med 1 ppm uran.

RADONTRANSPORT

Transport av radongas genom jorden sker på grund av koncentrationsskillnader (*diffusion*) och skillnader i temperatur (*konvektion*) i jordens porer.

Diffusionskoefficienter för radon-222:

Medium	$m^2 \text{ s}^{-1}$
Luft	10^{-5}
Grovt grus – rösberg	$10^{-5} - 5 \cdot 10^{-5}$
Torr sand	10^{-6}
Fuktig sand	$2,5 \cdot 10^{-6}$
Morän	$2,5 \cdot 10^{-7} - 5 \cdot 10^{-7}$
Moränlera (Ranstad)	$8 \cdot 10^{-8}$
Vatten	10^{-9}

Diffusionen beror liksom luftgenomsläppligheten av kornstorleksfördelning, packningsgrad och vattenmättnadsgrad i jordarten.

Skillnaderna är mycket stora mellan ett genomsläppligt medium som grovt grus och ett vattenmättat material, upp till 10 000 gånger.

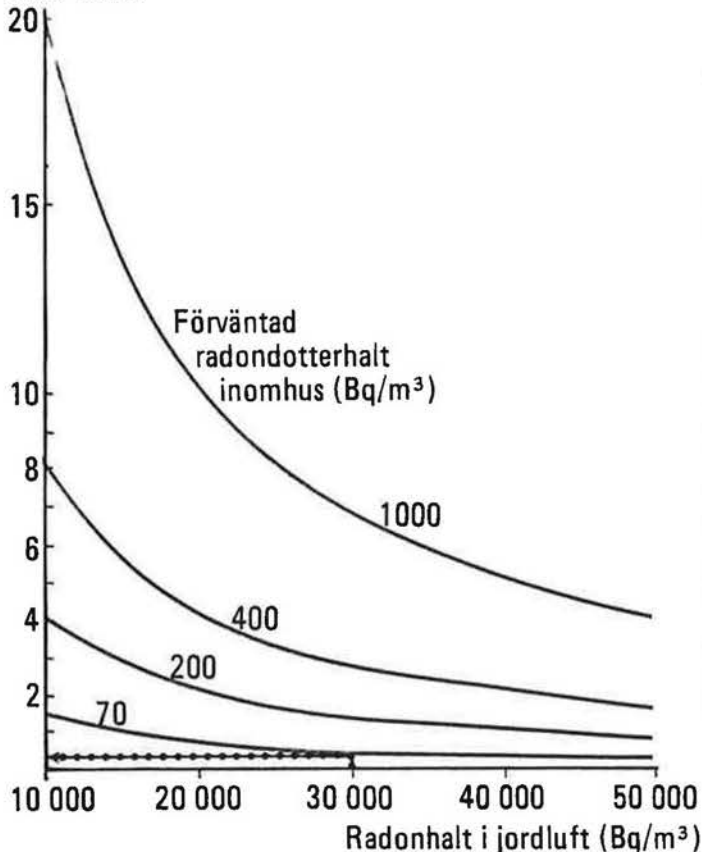
Transportlängden begränsas av sönderfallet. Halveringstiden för radon-222 är 3,82 dygn. Med diffusion når 90% av en given radongasmängd ca 5 cm i vatten, ca 2 m i normalfuktig jord och ca 5 m i luft.

Med luft i rörelse kan transportlängderna bli avsevärt större. En byggnad med normalt undertryck på 2–10 Pa kan suga in radongas från marken så att radondotterhalten blir mycket hög (1000-tals Bq/m^3).

Normala radonhalter i jordluften under hus ligger i intervallet 10 000–50 000 Bq/m^3 . Vid dessa halter räcker det med inläckage av någon m^3/h för att överskrida acceptabla radondotterhalter inomhus.

Sprickor i grundkonstruktionen på 0,5 mm kan ge några m^3/h i inläckage med radonhaltig jordluft.

Läckage i % av total tilluft



Exempel. Med 30 000 Bq/m^3 i jordluften accepteras att högst 0,47% av husets tilluft kommer från jordluften, annars överskrider man 70 Bq/m^3 i radondotterhalt inomhus.

BAKGRUND

Behovet av riktlinjer för markradonundersökningar har vuxit sig allt starkare sedan de första markradonhusen avslöjades i Tidaholms kommun 1978. Man har nu kommit till insikt om att större delen av byggbar mark i Sverige kan förorsaka olämpligt höga radonhalter inomhus om inte byggnadstekniska åtgärder vidtas. Metodiken för att göra en riskklassificering av mark beskrivs liksom principerna för hur byggnadstekniken måste anpassas. Riktlinjer ges för lämplig insats av markradonundersökningar.

Denna skrift är avsedd att utgöra en kortfattad vägledning för kommuner och konsulterande företag m fl om hur man klassificerar marken från radonrisksynpunkt. Målsättningen är att förhindra tillkomsten av nya markradonhus samt att spåra befintliga hus med inläckage av markradon. Skriften läses med fördel tillsammans med den utförligare handboken "Radon i bostäder: Markradon R85:1988".

LITTERATUR

Åkerblom, G, Pettersson, B, Rosén, B. 1988. *Radon i bostäder: Markradon* Rapport från BFR R85:1988 ISBN 91-540-4937-7.

Statens strålskyddsinstitut, Socialstyrelsen, Statens planverk. 1987. *Radon i bostäder – Lägesrapport 1987*. ISSN 0282-4434.

SOU 1983:6. *Radon i bostäder, Betänkande av radonutredningen*. ISBN 91-38-04433-8, ISSN 0375-250X.

Statens planverk. 1983. *Radon – planläggning, byggnadslov och skyddsåtgärder*. Rapport 59, 1982. ISBN 91-38-07455-9. (Ny rapport under arbete.)

Clavensjö, B och Åkerblom G. *Radon i bostäder: Åtgärder i befintliga hus och vid nybyggnad*. Rapport från BFR under tryckning.

Kulich, J, Möre, H, Swedjemark, G A. 1988. *Radon och radium i hushållsvatten*: Statens strålskyddsinstitut, SSI-rapport 88-11. ISSN 0282-4434.

Boverket. 1989. *Radon – Information* till kommuner m fl om bestämmelser och ansvarsfördelning. Boverket, Socialstyrelsen, Statens strålskyddsinstitut. Boverket Dnr 604-1774/89.

Skriften har utarbetats av SGI på uppdrag av Byggforskningsrådet

Författare: Bengt Rosén, Statens geotekniska institut (SGI), Linköping, Gustav Åkerblom, Sveriges Geologiska AB (SGAB), Luleå.

Under arbetets gång har synpunkter inhämtats vid särskilda seminarier och remissrundor med:

Ann-Christine Hågeryd, Per Ahlberg, SGI
Bertil Clavensjö, Bjerking's Ingenjörbyrå AB
Sven-Olov Ericson, Statens vattenfallsverk
Björn Eriksson, Grus- och makadamföreningen/Svenska fabriksbetongföreningen
Gunvor Forssell, BFR

Ingvar Gustavsson, Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län

Bengt Halldén, K-konsult

Leif Kilnes, Geo-Projektering Konsult AB

Eva Mellander, Svenska Kommunförbundet

Hans Mellander, SGAB

Berndt Petterson, SGAB

Nils Gunnar Sahlman, Botkyrka kommun

Bengt Steen, BFR

Gun Astri Swedjemark, SSI

Stig Sällström, Grus- och makadamföreningen/Svenska fabriksbetongföreningen

Wilhelm Tell, Statens planverk

Håkan Wahren, Socialstyrelsen

Jan Wennerstrand, Statens planverk

Art.Nr: 6703920
Abonnemangsgrupp:
X. Samhällsplanering

Distribution:

Svensk Byggtjänst
171 88 Solna
Telefon 08-730 51 00

Cirkapris: 40 kr exkl moms