

<p style="text-align: center;"><b>Melding</b> <b>HO-3/2001</b> juni 2001</p>	<p><b>Radon</b> Temaveiledning</p>
	<p><b><u>Forord</u></b></p> <p><b><u>1 Formålet med veiledningen</u></b></p> <p><b><u>2 Regelverket</u></b></p> <p><b><u>3 Saksbehandling og kontroll</u></b></p> <p><b><u>4 Stråling og helserisiko</u></b></p> <p><b><u>5 Radonkilder og radonkartlegging</u></b></p> <p><b><u>6 Tiltak i eksisterende bygninger</u></b></p> <p><b><u>7 Forebyggende tiltak ved nybygging</u></b></p>
<p style="text-align: center;"><b>TEK</b></p>	

## Forord

Det offentlige forventninger til miljø og helse i nye og i eksisterende bygninger medfører en rekke strenge krav om og til byggevirksomheten for å sikre tilfredsstillende livskvalitet og levevilkår for brukerne. Kravene til innemiljø, herunder luftkvalitet, forurensninger, ventilasjon mv, er skjerpet i Teknisk forskrift 97 i forhold til tilsvarende bestemmelser i Byggeforskrift 87. Bygningsmessig utførelse skal sikre at mennesker som oppholder seg i et byggverk ikke eksponeres for radonkonsentrasjoner i inneluften som kan gi forhøyet risiko for helseskader. Tiltak mot radon som er utført i samsvar med denne veiledningen vil også være i samsvar kravene i teknisk forskrift.

Vi har god kunnskap om hvordan materialer og løsninger påvirker folks helse. Sammenhengen mellom høye forekomster av radon i inneluften og økt risiko for helseskader er godt dokumentert. Det er anslagsvis 150 000 boliger og et stort antall andre typer bygninger som har høyere konsentrasjoner enn anbefalt tiltaksnivå. Ved konsentrasjoner over 200 Bq/m<sup>3</sup> anbefaler veiledning til teknisk forskrift til plan- og bygningsloven at det iverksettes tiltak. Nyere kartlegging som er gjort viser at norske boliger har en gjennomsnittlig radonkonsentrasjon på 100 Bq/m<sup>3</sup>. Ti prosent av boligmassen har gjennomsnittskonsentrasjoner over 200 Bq/m<sup>3</sup>.

Nye og skjerpede krav har økt etterspørselen etter kunnskap om gode og riktige løsninger. Formålet med denne veiledningen er å bidra med kunnskap om radon i nye og eksisterende bygninger, for å kunne iverksette nødvendige og effektive tiltak.

Denne temaveiledningen kan benyttes som grunnlag for prosjektering og dokumentasjon av tiltak for å redusere forekomsten av radon i inneluften. Veiledningen omtaler når det er behov for å iverksette tiltak, hvilke funksjoner ulike tiltak har og hvordan de må utføres.

Etter endring av plan- og bygningsloven er det nå krav til søknad vedrørende utførelse av bygningstekniske installasjoner. Dette innebærer at installering, endring eller reparasjon av bygningstekniske installasjoner krever søknad og tillatelse, uavhengig av om det er tiltak i ny bygning eller i eksisterende bygning. Det innebærer også en rekke krav til foretak som tar del i søknad, prosjektering, utførelse eller kontroll av tiltaket. Temaveiledningen legger derfor vekt på praktisk informasjon på dette området.

Temaveiledningen er utarbeidet av Statens bygningstekniske etat i samarbeid med Norges byggforskningsinstitutt og Statens strålevern.

*Oslo juni 2001*

---

## **1 Formålet med veiledningen**

Denne temaveiledningen er et hjelpemiddel for alle involverte parter som er ansvarlig søker, prosjekterende, utførende og kontrollerende, samt eier og myndigheter. Temaveiledningen tar for seg prosjektering og utførelse av tiltak for å hindre at radonholdig luft fra grunnen trenger gjennom konstruksjonene og inn i bygningen.

Temaveiledningen legger til grunn at det i bygninger, hvor en kan forvente høye radon-konsentrasjoner i innelufta, må iverksette tilstrekkelige tiltak for å redusere radonkonsentrasjon til under anbefalt tiltaksgrense. Den ansvarlig prosjekterende må ha gode kunnskaper både om byggeteknikk, bygningsfysikk, ventilasjonsteknikk og geologi for å kunne vurdere effekten av ulike tiltak. Tilsvarende kreves gode kunnskaper om radon for å vurdere faren for høye radonkonsentrasjoner i det ferdige byggverk.

Veiledningen kan benyttes som grunnlag for å dokumentere riktig valg og utførelse av tiltak. Aktuelle tiltak kan være tetting av golvkonstruksjon mot inntrengning av jordluft, installasjon av ventilasjon (uttynning), trykkendring over konstruksjonene mot grunnen, filtrering og utskifting av masser.

For tiltak som er søknadspliktige etter pbl § 93 gjelder lovens bestemmelser om saks-behandling, ansvar og kontroll. Tiltakshaver ved ansvarlig søker er ansvarlig for at tilfredsstillende dokumentasjon utarbeides og fremlegges. Temaveiledningen redegjør for krav til saksbehandling og kontroll. Temaveiledningen beskriver også hvilke krav som stilles til de ansvarlig foretak.

Der ansvarlig prosjekterende etter vurdering finner at tiltak mot radon er nødvendig, forutsettes det normalt at tiltaket prosjekteres i samsvar med denne temaveiledningen. Tiltak mot radon som er utført i samsvar med denne veiledningen vil være i samsvar med kravene i teknisk forskrift.

---

## 2 Regelverket

Det finnes flere lover og forskrifter hvor det stilles krav om beskyttelse mot radon.

Slike bestemmelser finnes i:

- Lov om helsetjenesten i kommunene av 19. november 1982, nr 66, «Kommunehelsetjenesteloven»
- Lov om statlig tilsyn med helsetjenesten av 30. mars 1984, nr 15, «Helsetilsynsloven»
- Lov om strålevern og bruk av stråling av 12. mai 2000, nr. 36, «Strålevernloven»
- Plan- og bygningsloven av 14. juni 1985

Til disse lovene er det gitt utfyllende bestemmelser i form av forskrifter. I tillegg til lover og forskrifter er det utarbeidet relevante veiledninger og rundskriv.

### 2.1 «Kommunehelsetjenesteloven» og «Helsetilsynsloven»

Miljørettet helsevern er en del av kommunens helsetjeneste som arbeider med de faktorer i miljøet som til enhver tid direkte eller indirekte kan ha en innvirkning på helsen. Radon omfattes av denne definisjonen.

Kommunens helsetjeneste skal til enhver tid ha oversikt over helsetilstanden i kommunen og de faktorer som kan virke inn på dette. Helsetjenesten skal foreslå helsefremmende og forebyggende tiltak i kommunene. Helsetjenesten skal medvirke til at helsemessige hensyn blir ivaretatt av andre offentlige organer hvis virksomhet har betydning for helsetjenestens arbeid, *jf. Kommunehelsetjenesteloven §1-4*.

Slik medvirkning skal skje blant annet gjennom råd og uttalelser og ved deltakelse i plan- og samarbeidsorganer som blir opprettet. Helsetjenesten skal i eget tiltak gi informasjon om de forhold som er nevnt i *Kommunehelsetjenesteloven §1-4* annet ledd, første punktum til de offentlige organer som har ansvar for iverksetting av tiltak som kan virke inn på helsen. Dersom helsetjenesten blir kjent med forhold som vedrører arbeidsmiljøloven, produktkontrollloven, forurensningsloven og genteknologiloven, skal helsetjenesten underrette de berørte fagmyndigheter slik at disse kan fatte vedtak. Departementet gir nærmere regler om samarbeidet med andre fagmyndigheter på områder der også helsetjenesten har kompetanse og om koordinering av tiltak.

Kommunen kan samarbeide med private organisasjoner o.l. hvor det er egnet til å fremme helsetjenestens formål. Kommunen skal samarbeide med fylkeskommune og stat slik at helsetjenesten i landet best mulig kan virke som en enhet. Når det gjelder arbeidsform, skiller vi ofte mellom tre arbeidsformer innen miljørettet helsevern; overvåkning, informasjon og tilsyn.

*Overvåkingsansvar, jf. Kommunehelsetjenesteloven §1-4*

Kommunens helsetjeneste skal ha oversikt over helsetilstanden i kommunen og de faktorer som virker inn på denne. Dette myndighetskravet er lite utdypet, men viktige

forutsetninger kan være oversikt over status når det gjelder godkjenningspliktige virksomheter og oversikt over annen virksomhet som etter sin art kan ha innvirkning på helsen. Status mht radon i bygg og i drikkevann kan også være aktuelt.

#### *Informasjonsansvar, jf Kommunehelsetjenesteloven §1-4*

Kommunens helsetjeneste har en informasjonsplikt i forhold til helsetilstanden og faktorer som virker inn på denne. Kommunens helsetjeneste skal også medvirke til at helsemessige hensyn blir ivaretatt i andre sektorer, blant annet gjennom råd og uttalelser og ved deltakelse i plan- og samarbeidsorganer som blir opprettet. Dette vil bl.a. gjelde i forhold til informasjon om radon som miljøfaktor, både i forhold til befolkningen og i forhold til andre sektorer.

#### *Tilsyns- og tiltaksansvar, jf Kommunehelsetjenesteloven kapittel 4a*

Kommunen skal utøve myndighet, f.eks. godkjenning av bl.a. skoler, barnehager og vannforsyningsystemer, føre tilsyn med virksomheter som kan påvirke befolkningens helse og fatte enkeltvedtak om opplysningsplikt, granskning, konsekvensutredning, retting, stansing, tvangsmulkt i henhold til reglene i *Kommunehelsetjenesteloven*, kapittel 4a.

Kommunens aktiviteter innen miljørettet helsevern er å anse som en del av kommunens helsetjeneste. Kommunen har etter lov av 30. mars 1984 nr 15 om statlig tilsyn med helsetjenesten (*helsetilsynsloven*) §3 plikt til å opprette internkontrollsystem for sin helsetjeneste. Statens helsetilsyn skal ha det overordnede faglige tilsyn med helsetjenesten. Fylkeslegene er underlagt Helsetilsynet, og de utøver tilsynet med helsetjenestene og at disse har etablert internkontrollsystemer. Helsetilsynet skal på sitt område gi faglige råd og informasjon til departementet, fylkeslegene og den statlige helseforvaltning for øvrig, samt til helsetjenesten og befolkningen. Helsetilsynet kan også gi råd til de øvrige departementer og andre sentraladministrative organer i saker som krever helsefaglig innsikt.

For ordens skyld gjøres det oppmerksom på at det er Statens strålevern som er fagmyndighet når det gjelder strålevern generelt, herunder radon, i Norge.

Relevante forskrifter gitt med hjemmel i kommunehelsetjenesteloven:

Forskrift om miljørettet helsevern i barnehager og skoler m.v.

Veiledninger og rundskriv utarbeidet av Sosial- helsedepartementet og Statens helsetilsyn som kan ha betydning for myndighetenes arbeid med å forebygge skadelig stråling i byggverk:

- Sosial- og helsedepartementet: Rundskriv vedrørende forskrift om miljørettet helsevern i barnehager og skoler m.v. Rundskriv I-48/95.
- Statens helsetilsyn: Inneklima - en veileder for kommunehelsetjenesten. Statens helsetilsyns veiledningsserie 4-95. IK-2489.
- Statens helsetilsyn: Miljørettet helsevern. Forvaltning og administrasjon. Helsedirektoratets veiledningsserie 1-88. IK-2257.
- Statens helsetilsyn: Samfunnsmedisinsk arbeid i kommunehelsetjenesten. En veileder for kommunelege I. Helsedirektoratets veiledningsserie 4-90. IK-2329.

- Statens helsetilsyn: Veileder til forskrift om miljørettet helsevern i barnehager og skoler m.v. Statens helsetilsyns veiledningsserie 3-98. IK-2619.

## 2.2 Strålevernloven

Statens strålevern er et direktorat under Sosial- og helsedepartementet. Strålevernets oppgave i forhold til radonproblematikken støtter seg på Strålevernloven (lov av 12. mai 2000, nr. 36 om strålevern og bruk av stråling ) som trådte i kraft 1. juli 2000. Forskrifter av 23. januar 1976 om tilsyn med og bruk av anlegg, apparater, materiell og stoffer som avgir ioniserende eller annen helsefarlig stråling («*tilsynsforskriften*») er gitt hjemmel i denne og inkluderer også utslipp av stoffer som frambringer ioniserende stråling, herunder radon på arbeidsplassen under jord og i bergrom. I den grad *strålevernloven* og *tilsynsforskriften* kommer til anvendelse, er Statens strålevern tilsynsmyndighet. Innenfor Statens strålevern er alle oppgaver vedr. radonproblematikken tillagt Gruppe for naturlig stråling under avd. Miljø.

Strålevernloven gir hjemler for å forskriftsfeste grenseverdier for alle typer stråling, også når det gjelder eksponering av naturlig stråling, «for arbeid eller opphold på steder hvor naturlig ioniserende stråling medfører unødig helserisiko» (herunder radon), samt bl.a. målinger og oppfølging av vernetiltak. Det er imidlertid fortsatt uklart i hvilken grad det vil bli ansett som hensiktsmessig å forskriftsfeste grenseverdier, måleprosedyrer og/eller vernetiltak for radon i private boliger med hjemmel i strålevernloven.

De grensene som Strålevernet har anbefalt er altså ennå ikke forskriftsfestet og betegnes derfor teknisk sett som tiltaksnivåer.

Strålevernloven åpner for betydelige fullmakter til å fastsette kompetansekrav til «personer som anvender eller kommer i kontakt med stråling». *Tilsynsforskriften* bemyndiger Statens strålevern «til å gi særskilte forskrifter om utdanning for dem som bruker anlegg, apparater og stoffer m.v. \_ «, men det er usikkert om denne eller senere forskrifter også vil kunne omfatte personer og situasjoner som vedrører forebyggende eller utbedrende tiltak mot radon i inneluft.

### *Strålevernets oppgaver, kompetanse og kontaktnett*

Strålevernets oppgaver i forbindelse med radonproblematikken begrenser seg i dag til å være et sentralt kompetanseorgan med forsknings-, utrednings- og utviklingsoppgaver. Disse oppgavene inkluderer også å skaffe oversikt over problemomfanget på landsbasis. En database over alle sporfilmmålinger er under oppbygging.

Strålevernet har dessuten for dette formålet anskaffet eget sporfilmlaboratorium for måling av radon i inneluft og har vært involvert i kartleggingen av radonforekomsten i inneluft, både i boliger, barnehager og skoler, m.m. i samarbeide med en rekke kommuner, samt en landsomfattende kartlegging. Herunder er det etablert kommunikasjon med utvalgte kontaktpersoner i de fleste kommuner. Totalt sett er likevel hittil bare ca. 1/10 av alle norske kommuner blitt systematisk kartlagt med et

tilstrekkelig stort antall målinger til å kunne gi noe representativt bilde av forekomsten av radon i inneluft i kommunen. I løpet av år 2000 og 2001 vil det bli gjennomført kartlegging av problemomfanget når det gjelder radon i ytterligere vel 100 kommuner. Målinger i private boliger ellers henvises til kommersielle målefirmaer.

Strålevernet har også som en viktig oppgave å utarbeide opplysningsmateriell og gi råd og veiledning til kommuner og fylker om forebyggende og utbedrende tiltak mot radon i inneluft i samråd med Statens bygningstekniske etat (BE) og Norges byggforskningsinstitutt (NBI). Strålevernet har således hittil utgitt seks strålevernhefter som går direkte på radon. Disse er:

- Strålevernhefte nr. 3 (1994/1996): «Måling av radon i inneluft og undersøkelser av byggegrunn»
- Strålevernhefte nr. 5 (1995/1998) «Anbefalte tiltaksnivå for radon i bo- og arbeidsmiljø»
- Strålevernhefte nr. 9 (1996/2000) «Radon i inneluft - Helserisiko, målinger og mottiltak»
- Strålevernhefte nr. 17 (1998) «Kartlegging av radon i boliger»
- Strålevernhefte nr. 18 (1999) «Faktaark - Radon»
- Strålevernhefte nr. 23 (2000) «Radon på arbeidsplasser under jord og i bergrom - En veiledning».

Disse heftene finnes på internett-siden <http://radon.nrpa.no> og kan lastes ned, skrives ut og anvendes fritt.

Hefter som er under planlegging er et om tiltak mot radon i barnehager og skoler og et om radon i husholdningsvann.

### **2.3 Plan- og bygningsloven**

Statens bygningstekniske etat er den sentrale myndighet for det bygningstekniske regelverket, tilsynsmyndighet for reglene om dokumentasjon av byggevarers egenskaper og sekretariat for sentral godkjenning av foretak etter plan- og bygningsloven.

Statens bygningstekniske etat har også som oppgave å føre tilsyn med at reglene fungerer og brukes.

Plan- og bygningslovens § 68 *Byggegrunn. Miljøforhold*, gir kommunen hjemmel til, om nødvendig, å nedlegge forbud mot bebyggelse eller stille særlige krav til byggegrunn, bebyggelse og uteareal dersom det ikke er tilstrekkelig sikkerhet mot fare eller vesentlig ulempe som følge av natur- eller miljøforhold. Etter pbl. § 68 kan grunn bare deles eller bygges dersom det er tilstrekkelig sikkerhet mot fare eller vesentlig ulempe som følge av natur- eller miljøforhold. Dersom grunnen innebærer ulik fare eller ulempe, skal byggetillatelse ikke gis.

Plan og bygningsloven har følgende forskrifter med veiledninger som blant annet ivaretar radonproblematikk:

- Forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk av 22. januar 1997

nr.33

- Forskrift om saksbehandling og kontroll av 22. januar 1997 nr. 34
- Forskrift om godkjenning av foretak for ansvarsrett av 22. januar 1997 nr. 35

### *Forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk*

Forskriften setter krav til at byggverk og produkter til byggverk skal ivareta hensynet til personlig og materiell sikkerhet, helse og miljø, og brukbarhet. Herunder krav til sikkerhet mot radonkonsentrasjoner i inneluften som kan gi forhøyet risiko for helseskader. I veiledningsteksten til denne forskriften er det gitt anbefalte grenseverdier til radonkonsentrasjon i inneluften. Grenseverdiene er i samsvar med de anbefalingene som gis av Statens strålevern og helsemyndighetene.

### *Forskrift om godkjenning for ansvarsrett*

*Forskriften* har som formål å sikre at foretak som opptrer som ansvarlig etter plan- og bygningsloven har tilstrekkelig kvalifikasjoner til å ivareta kravene i plan- og bygningsloven. Det er utgitt en temaveileder til denne forskriften som er et hjelpemiddel til bruk ved klassifisering av byggetiltakets kompleksitet og krav til de ansvarlige aktørenes kompetanse.

Andre aktuelle publikasjoner som utgis av Kommunal- og regionaldepartementet og/eller Statens bygningstekniske etat:

- Temaveiledninger som utdyper utvalgte områder i forskriftene til plan- og bygningsloven, bl.a. Godkjenningskatalogen for den sentrale godkjenningsordningen for foretak. Temaveiledningene finnes på internett: [www.be.no](http://www.be.no).
- Tidsskriftet «BEnytt» som ivaretar aktuelle problemstillinger innen det bygningstekniske regelverket. «BEnytt» kommer ut fem ganger i året. Tidsskriftet finnes på internett: [www.be.no](http://www.be.no).

---

## **3 Saksbehandling og kontroll**

### **3.1 Forebyggende tiltak mot radon**

Bygningsmessig utførelse skal sikre at mennesker som oppholder seg i et byggverk ikke eksponeres for radonkonsentrasjoner i inneluften som kan gi forhøyet risiko for helseskader, jf. tekniske forskrifter til plan- og bygningsloven § 8-33 pkt. 4.

Byggegrunnen er den viktigste radonkilden for bygninger. Forebyggende tiltak mot radon vil derfor i de aller fleste tilfellene være av bygningsteknisk art med den hovedhensikt å begrense innstrømningen av radon.

Grunn kan bare bebygges når det er tilstrekkelig sikkerhet mot fare eller vesentlig ulempe som følge av natur- eller miljøforhold. Dette følger av plan- og bygningsloven § 68. I områder hvor en kan forvente radonkonsentrasjoner over de anbefalte tiltaksgrensene må det derfor treffes nødvendige tiltak for å redusere innstrømning av radon i bygning.

I henhold til lov om helsetjenesten i kommunen er helsemyndighetene ansvarlig for å skaffe oversikt over helsemessige problemer i kommunene. Dette omfatter også forekomst av radon, herunder en plikt til å kartlegge radonforekomsten i forbindelse med nybygg.

Aktuelle tiltak kan være installasjon av balansert ventilasjon, tetting av grunn, ventilasjon av grunn m.v. Uansett må det kreves riktig utførelse av anlegget, og at anlegget senere kontrolleres og vedlikeholdes, slik at det til enhver tid tilfredsstillende forutsatt funksjon. Byggetillatelse kan bare gis under forutsetning av at det iverksettes nødvendige tiltak.

Tiltak som prosjekteres og utføres i samsvar med anbefalinger gitt i denne veiledningen eller i samsvar med annen anerkjent litteratur/standard tilfredsstillende myndighetenes krav til utførelse.

Anlegg må kontrolleres og vedlikeholdes slik at anlegget bibeholder sine forutsatte ytelser i hele bygningens levetid.

Tiltakshaver/eier har plikt til å dokumentere at anlegget er i stand.

### **3.2 Søknad og dokumentasjon**

I henhold til pbl § 93 første ledd bokstav er installering, endring eller reparasjon av bygningstekniske installasjoner et søknadspliktig tiltak. Bestemmelsen er ny, selv om noen installasjoner også tidligere var søknadspliktige via henvisninger til pbl § 87 i lovens § 93 første ledd b.

Tiltakshaver ved ansvarlig søker er ansvarlig for at tilfredsstillende dokumentasjon fremlegges, se pbl § 94 nr. 1 første ledd og forskrift om saksbehandling og kontroll av 22. januar 1997 nr. 34 § 12. Bygningsmyndighetene kan be om slik dokumentasjon i forbindelse med tilsyn.

*Tiltak som verken krever søknad eller melding (SAK § 7)*

Etter forskrift om saksbehandling og kontroll (SAK) av 22. januar 1997 nr. 34 § 7 annet ledd nr. 2 er det gjort unntak fra søknadsplikten for «installering, endring og reparasjon av enkle installasjoner i eksisterende bygning innenfor en bruksenhet eller branncelle». Forutsetningen er at tiltaket ikke fører til fare eller urimelig ulempe for omgivelsene eller allmenne interesser, jf SAK § 7 første ledd.

Hva som er «enkle bygningstekniske installasjoner» kan være vanskelig å avgjøre. I vurderingen må det bl.a. legges vekt på installasjonens størrelse, hvilke faglig kvalifikasjoner som bør stilles til den utførende for å sikre at arbeidet blir utført på en tilfredsstillende måte og hvilke konsekvenser en eventuell feil på anlegget vil kunne medføre.

Installering av radontiltak som kan anses som mindre tiltak etter SAK § 7 kan være:

- tetting av hull og sprekker ved gjennomføringer og tilslutninger
- legging av radonsperre (også legging av radonsperre i kryprom)
- pussing/tetting av lettklinkervegg



- tetting av bjelkelag over kryperom eller kjeller med vindsperreprodukt
- montering av tillufts- og avtrekksventiler
- installere luftespalter i golv og/eller vegger
- trykksetting av kryperom/kjeller
- utskifting av masser rundt grunnmur
- montering av innvendig radonbrønn
- montering av utvendig radonbrønn

Installering av balansert ventilasjonsanlegg kan også betraktes som en «enkel bygningsteknisk installasjon» i denne sammenheng når det installeres kompakte anlegg hvor det foreligger monteringsanvisning fra produsent .

*Tiltak som kan behandles som enkle tiltak (pbl. § 95 b og SAK § 16)*

Radontiltak vil kunne behandles som enkle tiltak etter plan- og bygningslovens § 95 b, jf. SAK § 16. Dette innebærer at kommunen må behandle søknaden innen 4 uker. Vilklårene for dette er at:

- skriftlig samtykke fra naboer er vedlagt søknaden (tiltak som ikke berører naboers interesser, antar vi at kommunen må kunne fritta fra dette vilkår etter lovens § 94 nr. 3 som for nabovarsel forøvrig. Slikt fritak må i så fall innhentes på forhånd - f.eks. i forhåndskonferansen).
- tiltaket er i samsvar med bestemmelser som gjelder for slike tiltak i loven, forskriften og eventuelle planbestemmelser og vedtekter
- ytterligere tillatelse, samtykke eller uttalelse fra annen myndighet ikke er nødvendig
- all nødvendig dokumentasjon er vedlagt (se SAK §§ 14 og 15)

Det er m.a.o. kun den «perfekte» søknad som kan behandles som et «enkelt tiltak» hvor all nødvendig og relevant dokumentasjon er vedlagt.

Dersom ovennevnte vilkår er oppfylt, skal kommunen avgjøre søknaden skriftlig senest innen 4 uker etter at *fullstendig* søknad er mottatt av kommunen. Kommunen skal sende søker begrunnet beskjed innen 2 uker dersom saken ikke kan behandles som enkelt tiltak.

Dersom forutsetningene nevnt ovenfor ikke er til stede betyr det ikke at tiltakshaver automatisk har fått tillatelse. Kommunen kan stanse tiltaket og kreve det behandlet som vanlig søknad etter lovens § 93 dersom de i tiden utover de 4-ukene oppdager at forutsetningene i § 95 b ikke er oppfylt.

### **3.3 Saksbehandling, ansvar og kontroll**

Installering, endring og reparasjon av radontiltak vil normalt bli å anse som søknadspliktig etter pbl § 93 første ledd bokstav e, se kap. 1.4.2. Slike anlegg vil således omfattes av lovens regler om saksbehandling, ansvar og kontroll.

#### *Ansvar*

Hovedprinsippet etter endring i pbl, er at de enkelte deler av tiltaket blir belagt med ansvar. Således skal en eventuell feil kunne tilbakeføres til det foretaket som

forårsaket denne, og foretaket må da overfor lokal bygningsmyndighet stå ansvarlig for å rette opp feilen.

Etter pbl vil den ansvarlige være den aktør i byggeprosessen, som har påtatt seg å stå ansvarlig overfor bygningsmyndighetene. En ansvarlig etter loven må ha påtatt seg dette ansvaret gjennom søknad om tillatelse eller annen meddelelse. Ansvaret gjelder uavhengig av skyld hos den ansvarlige. Videre gjelder ansvaret bare overfor bygningsmyndighetene.

### *Kvalifikasjoner*

For å sikre at de foretak som påtar seg ansvar som søker, prosjekterende, utførende, samordnende eller kontrollerende har tilstrekkelige kvalifikasjoner til å ivareta lovens godkjenningskrav, skal de nå være godkjent av de lokale bygningsmyndighetene. Krav om godkjenning gjelder bare for tiltak som er søknadspliktige etter pbl § 93, jf pbl § 98 nr. 1 og GOF § 2 nr. 1

Hvilke kvalifikasjoner som kreves er nærmere beskrevet i forskrift om godkjenning av foretak for ansvarsrett, GOF. Den stiller minimumskrav til utøvere som skal ha ansvar for søknadspliktige tiltak etter Pbl. Alle tiltak som faller inn under loven deles opp etter de forskjellige oppgavene (funksjonene) og fagområdene de omfatter. Tiltakene skal videre deles inn i såkalte tiltaksklasser, basert på vanskelighetsgrad og mulige konsekvenser av feil.

Før søker, prosjekterende, utførende og kontrollerende gjennomfører sine oppgaver, må de på forhånd ved søknad ha godkjenning på at de har kvalifikasjoner om kreves etter nevnte forskrift, i forhold til vedkommende oppgave. Det er i utgangspunktet bare foretak som kan godkjennes som ansvarlig. Med foretak menes juridisk person med formål å drive næringsvirksomhet. Et foretak, i relasjon til pbl, vil være en selvstendig næringsdrivende, som utfører et kontraktforpliktende arbeid på byggverket. Se også lov om registrering av foretak av 21. juni nr 78 1985 §§ 2-1 og 2-2 og lov om enhetsregisteret av 2. juni nr 15 1994 § 4.

Kommunen skal trekke tilbake godkjenning for et foretak, om det viser seg at tiltaket ikke gjennomføres i overensstemmelse med plan- og bygningslovgivningen og foretaket ikke etterkommer pålegg om å rette feil eller mangler, jf GOF § 20.

For å forenkle dokumenteringen av kvalifikasjoner, er det opprettet en sentral godkjenningsordning som er en frivillig ordning. For å få sentral godkjenning må søker dokumentere tilstrekkelig kompetanse til å gjennomføre søker-, prosjekterings-, kontroll-, utførelse- eller samordningsoppdrag i samsvar med forskrift om godkjenning av ansvarsrett.

Den gis kun til foretak. Godkjenning gis for 2 år om gangen og skal normalt legges til grunn ved behandling av søknad om ansvarsrett i kommunen.

Installasjon av radontiltak antas enten å være del av et integrert byggetiltak eller som en installasjon atskilt fra andre arbeider.

I det første tilfellet vil søker- og samordningsansvaret ligge hos den som står som søker respektive samordner for hele tiltaket (kfr. fagområde SØK.140 i melding

HO-2/99 Godkjenningsskatalogen).

Ved søknadspliktig installasjon av radontiltak atskilt fra øvrige arbeider f.eks. i eksisterende bygning, antas det at søknaden utferdiges av den som er prosjekterende. Denne oppgaven har egen kategori under SØK140.2 i Godkjenningsskatalogen. I tillegg til prosjekteringskompetanse er det da krav til allmenn kjennskap til byggesaks- og kontrollregler gitt i lov og forskrift, samt oversikt over mulige andre tilgrensende prosjekteringsområder. Det må derfor kunne vises til prosjekteringserfaring.

De ulike aktører og deres oppgaver:

#### *Tiltakshaver*

Fellesbetegnelse på den tiltaket utføres på vegne av. Tiltakshaver er ansvarlig for at tiltaket blir utført i samsvar med myndighetskrav. (Begrepet erstatter tidligere «byggherre», men omfatter en videre krets.)

#### *Ansvarlig søker*

Foretak som er ansvarlig for at tiltaket blir utført i samsvar med den gitte tillatelsen og bestemmelser gitt i eller i medhold av Pbl.

Ansvarlig søker skal legge frem kontrollplan for bygningsmyndighetene både for prosjektering og utførelse. Formålet med slik plan er å dokumentere at vilkårene som er satt i rammetillatelsen og/eller igangsettingstillatelsen, blir oppfylt. Av planen skal det bl.a. fremgå om det er valgt uavhengig kontroll eller egenkontroll. Kontrollplanen og valg av kontrollform skal godkjennes av de kommunale bygningsmyndighetene.

#### *Ansvarlig prosjekterende*

Foretak som er ansvarlig i henhold til prosjekteringsoppgaven for oppfyllelse av myndighetskrav for sin del av søknaden.

Prosjektering og kontroll av prosjektering av tiltak mot radon i nybygg blir normalt ivaretatt i kodene for bygningsprosjektering (PRO 109.1, 110.1, 120.2, 122.3). Tiltaksklasse for prosjektering innen fagområdet radon vil være avhengig av oppgavens vanskelighetsgrad og kompleksitet og må vurderes konkret i det enkelte prosjekt.

For prosjektering av radontiltak i eksisterende byggverk finnes det en egen prosjekteringskode PRO. 140.2 i Godkjenningsskatalogen. Denne koden er tiltenkt foretak som har spesialisert seg innen utredning og vurdering av evt. tiltak mot radon. Prosjekteringskoden er satt til tiltaksklasse 2.

#### *Ansvarlig utførende*

Foretak som er ansvarlig for at tiltaket blir utført i samsvar med gitte tillatelser og bestemmelser gitt i eller i medhold av Pbl.

Tiltak mot radon i nybygg vil ofte være knyttet til tetting av konstruksjonen, og dermed knyttet til godkjenningssområdet for henholdsvis tømmer-, mur- og

betongarbeider. Tiltaksklasse er avhengig av vanskelighetsgrad og kompleksiteten for oppgaven. Aktuelle koder kan være UTF/KUT 181, 210 og 221.

Tiltak mot radon i eksisterende byggverk vil i hovedsak være knyttet til ventilering av byggegrunnen og/eller konstruksjonen. Ventilasjonstiltak vil i hovedsak omfatte balansert ventilasjon og krav til ansvarlig utførende og kontrollerende vil være avhengig av installasjonens kompleksitet og vanskelighetsgrad. Godkjenningssområdet er beskrevet under UTF/KUT 360- serien om installasjon av ventilasjonsanlegg.

*Ansvarlig samordner*

Foretak som er ansvarlig for koordinering av hele utførelsen der ansvaret er delt mellom flere foretak.

Prosjektering innen området radon forutsetter flerfaglighet og krever derfor et tverrfaglig samarbeid både i prosjekteringsfasen og i utførelsesfasen. Behovet for samordning mellom aktørene anses derfor å være svært viktig. Aktuelle godkjenningssområde for samordningsfunksjon er SAM 040.1-3 , avhengig av arbeidets vanskelighetsgrad og kompleksitet.

*Ansvarlig kontrollerende*

Foretak som er ansvarlig for kontroll etter kontrollplanen.

Kontrollen skal utføres ved uavhengig kontroll eller av den utøvende selv (egenkontroll). Kommunen har et ansvar med å påse at nødvendig kontroll blir utført, og skal ikke gjøre dette selv. Men, kommunen har full adgang til å foreta stikkprøver. Det er i utgangspunktet tiltakshaver som kan velge kontrollform.

Alle ovennevnte ansvarlige foretak skal være godkjent av kommunen i hvert enkelt tilfelle.

Kontroll av prosjektering av tiltak mot radon i nybygg blir normalt ivaretatt i kodene for bygningsprosjektering (KPR 109.1, 110.1, 120.2, 122.3 og 040,1-2).

For kontroll av prosjektering av radontiltak i eksisterende byggverk finnes det en egen prosjekteringskode KPR. 140.2 i Godkjenningsskatalogen.

### **3.4 Dokumentasjon av produktenskaper**

Reglene for krav til produkter til byggverk finnes i pbl § 77 nr 2 samt i kap. V og kap. VI i TEK. Hovedkravet til dokumentasjonen er at den skal vise de egenskapene som har betydning for hvordan produktet oppfører seg i bygningen, og dermed hvordan bygningen selv tilfredsstiller forskriftens krav til helse, miljø og sikkerhet. Den vanligste dokumentasjonen vil, når hele det europeiske systemet er på plass, inneholde en erklæring om at produktet er fremstilt i overensstemmelse med en harmonisert europeisk standard, eller har en europeisk teknisk godkjenning. I dokumentene vil det også bli angitt hvordan produktet er blitt kontrollert for overensstemmelse med disse tekniske spesifikasjonene.

Statens bygningstekniske etat vil gi byggebransjen og kommunene retningslinjer for dokumentasjonens innhold, men også forlange at produsenter og importører selv bringer frem dokumentasjon som holder mål og er forståelig. Inntil videre vil den dokumentasjonen som er i bruk fortsatt kunne brukes, hvis ikke andre og nye

dokumentasjonskrav for produktet er blitt nedfelt i felles-europeiske regler. Eksempelvis vil godkjenninger som ble utstedt av de nå opphevede tvungne godkjenningsordningene gjelde inntil videre. Det samme er tilfelle for godkjenningsbevis fra de frivillige ordningene.

I de prosedyrer og sjekklister som utgjør grunnlaget for kontroll i foretaket skal produktokumentasjonen identifiseres og være en del av hele prosjektdokumentasjonen. Kommunen kan ved tilsyn foreta dokumentasjonskontroll hva angår produkter som er brukt og planlegges brukt. Hvis en byggevare ikke oppfyller forskriftens dokumentasjonskrav, kan kommunen nekte å gi igangsettingstillatelse, evt. ferdigattest.

### **3.5 Drift, vedlikehold, kontroll og ettersyn**

#### *Krav etter Pbl*

Etter pbl § 89, har eier plikt til å sørge for at byggverk og installasjoner som omfattes av denne loven holdes i slik stand at fare ikke oppstår for personer eller eiendom. Denne bestemmelsen omfatter også tiltak for å redusere innstrømning av radon.

Videre er det i pbl § 109 stilt krav om at bygningstekniske installasjoner skal holdes i slik stand at fare og vesentlig ulempe ikke oppstår for personer eller eiendom. Eier av anlegget skal sørge for at det føres tilsyn, og at nødvendig vedlikehold og reparasjon blir fortatt av kyndig personell.

Av hvem, hvordan og i hvilken utstrekning denne kontrollen skal foregå, vil måtte avgjøres i hvert enkelt tilfelle ut fra anleggets art, størrelse og kompetansen til den/de ansvarlig utførende.

Det er i pbl § 92 gitt hjemmel for bygningsmyndighetene til å kontrollere byggverk som ikke er underlagt kontroll etter lovens § 97. Kontroll kan foretas der det er grunn til å anta at det foreligger ulovlige forhold som kan medføre fare eller vesentlig ulempe for person og eiendom.

---

## **4 Stråling og helserisiko**

### **4.1 Hva er stråling ?**

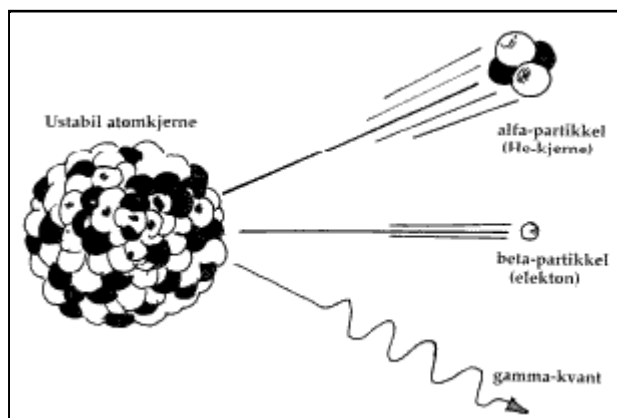
Stråling er overføring av energi gjennom rom. Begrepet dekker i videste forstand så vel partikkelstråling (f.eks. alfa-partikler, elektroner og nøytroner) som elektromagnetiske bølger og felter. I vårt daglige liv omgir vi oss med en rekke strålekilder \_ noen av disse er mennesekapte \_ mens andre opptrer naturlig og er en direkte forutsetning for livet på jorden som f.eks. lys og varme fra solen.

#### **Radioaktiv stråling**

De fleste mennesker assosierer begrepet stråling hovedsaklig med det som blir kalt «radioaktiv stråling», dvs. *stråling fra radioaktive stoffer*. Den faglig korrekte betegnelsen på disse strålingstypene er *ioniserende stråling*, som omfatter alle typer

stråling som har evnen til å fjerne elektroner fra atomer og molekyler \_ dvs. *ionisere*. All annen fysisk målbar stråling kaller vi *ikke-ioniserende stråling* som omfatter bl.a. ultrafiolett og synlig lys, varmestråling, mikrobølger og radiobølger.

At et stoff er radioaktivt betyr at atomkjernen er ustabil, dvs. at stoffet brytes ned ved utsending av ulike typer stråling. I atomkjernen vil det skje endringer i antall protoner og dette gjør at elementet går over til et annet grunnstoff. Vi kaller dette for en *desintegrasjon*. Nedbrytingsprosessen er en naturlig prosess og vil ikke kunne stoppes eller fremskyndes av ytre påvirkninger.



**Figur 4-1** Et radioaktivt atom har en ustabil atomkjerne. Slike atomer vil før eller senere sende ut stråling og dermed gå over i en mer stabil tilstand. Vi skiller mellom a-, b- og g- stråling.

En atomkjerne består av et visst antall positivt ladete partikler, kalt protoner, og et tilsvarende eller større antall elektrisk nøytrale partikler av omtrent samme masse som kalles nøytroner. Antallet protoner i kjernen identifiserer grunnstoffet \_ f.eks. har grunnstoffet radon atomnummer 86 og det forteller at radon har 86 protoner i kjernen. Ett og samme grunnstoff kan ha en rekke forskjellige varianter med ulikt antall nøytroner og disse kalles *isotoper*. For å holde disse fra hverandre angis summen av antallet protoner og nøytroner i kjernen sammen med navnet eller symbolet på grunnstoffet. Når vi snakker om radon mener vi som oftest radon-222 som har  $222 - 86 = 136$  antall nøytroner i kjernen. Det finnes også andre isotoper av radon i naturen bl.a. radon-220 og radon-219 som har henholdsvis 134 og 133 nøytroner i kjernen. I henhold til internasjonal norm skal isotoper angis med summen av antall protoner og nøytroner øverst til venstre for det kjemiske symbolet på følgende måte, dvs.  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{220}\text{Rn}$ , osv.

Radioaktive stoffer avgir i hovedsak tre ulike typer stråling (Figur 4-1) og som har fått betegnelsene alfa(a)-, beta(b)- og gamma(g)-stråling. Vi skal kort nevne litt om egenskapene ved disse forskjellige typene stråling.

Alfastråling er heliumkjerner og består av to protoner og to nøytroner. Protonene har positiv ladning og dette gjør at alfastråling vil være en strøm av partikler med ladning  $2^+$ . Alfastråling fra radioaktive stoffer har svært kort rekkevidde i luft - bare noen få centimeter. Alfastråling vil stoppes lett bare av et tynt papir og klærne på kroppen vår vil gi god beskyttelse hvis vi oppholder oss nær et radioaktivt stoff som avgir

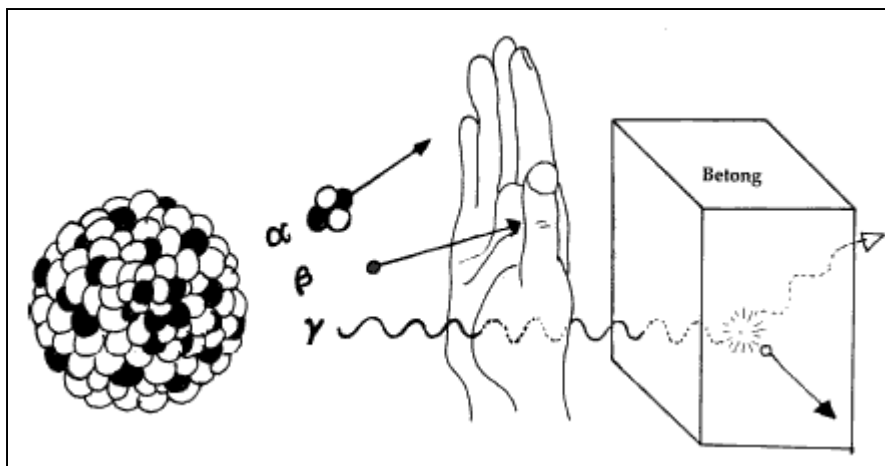
alfastråling. Huden vår har et beskyttelseslag \_ det som kalles «dødhuden». Tykkelsen av dødhuden er nok til å stoppe alfastråling fra radioaktive stoffer. Alfastråling trenger derfor ikke inn til levende celler og vil ikke kunne føre til at hudceller blir til kreftceller. Dette betyr at kroppen vår ikke vil få stråledoser hvis vi oppholder oss i en atmosfære med alfastråling, med mindre vi får radioaktiviteten inn i kroppen. Det er alfastrålingen som gir stråledoser til lungene når vi puster i radonholdig luft.

Betastråling er elektroner som dannes i kjernen når et av nøytronene går over til et proton. Dette gjør at atomnummeret øker med en. Betastråling har noe lengre rekkevidde i luft enn alfapartikler og kan trenge inn gjennom beskyttelseslaget i huden og gi stråledoser til levende celler.

Gammastråling dannes i kjernen i forbindelse med avgivelse av betastråling. Det er ofte slik at atomkjernen har overskudd av energi etter desintegrasjon og denne energien kan bli frigjort i form av elektromagnetiske stråling som kan ionisere atomer/molekyler. Denne type stråling fra radioaktive stoffer har fått betegnelsen gammastråling. Gammastråling har stor gjennomtrengelighet og kan gi stråledoser til enhver celle, selv langt inne i kroppen, hvis vi oppholder oss nær en radioaktiv kilde som avgir gammastråling. En kan imidlertid redusere intensiteten betydelig ved å omgi kilden med et materiale med høyt atomnummer og tetthet som f.eks. bly.

De ulike radioaktive stoffene avgir alfa-, beta- og/eller gammastråling med forskjellige bestemte energier. Det gjør at vi f.eks. kan måle energien på partiklene og dermed identifisere hvilket stoff vi har. Energien vil dessuten ha betydning for den biologiske effekten. Dess høyere energi strålingen har, dess høyere energi vil bli avsatt i levende vev pr. partikkel, og dess større biologisk virkning.

Vi kan ikke forutsi eksakt når en bestemt kjerne vil desintegrere, men vi kan si litt om sannsynligheten. Har vi f.eks. en kilde med mange tusen atomer av et bestemt stoff vil en gitt andel av atomkjernene desintegrere i løpet av en bestemt tid. Tiden det tar til halvparten av atomkjernene har desintegrert kaller vi for *halveringstiden*. Alle radioaktive stoffer har en karakteristisk halveringstid og derfor vil antall desintegrasjoner pr. tidsenhet gi et mål for hvor mye vi har av stoffet. Uran-238 har en halveringstid på 4,5 milliarder år og desintegrerer i en kjede med en rekke radioaktive stoffer før det ender opp som en stabil isotop av bly ( $^{206}\text{Pb}$ ) - de såkalte radondøtrene. I denne kjeden finner vi radon ( $^{222}\text{Rn}$ ) som har en halveringstid på 3,82 dager. Etter radon kommer flere kortlivede radioaktive isotoper av polonium (Po), vismut (Bi) og bly (Pb). Det er de som kan feste seg til bronkiene og bronkiolene i lungene å gi stråledoser ved å oppholde seg i radonholdig luft. Det er alfastrålingen fra radon og radondøtrene som gir stråledosene.



**Figur 4-2** Figuren illustrerer rekkevidden for forskjellige typer stråling fra radioaktive stoffer.

### *Størrelser og enheter*

Siden halveringstiden er karakteristisk for det radioaktive stoffet gir antall atomkjerner som desintegrerer pr. tidsenhet et mål for hvor mye vi har av stoffet og kalles *aktiviteten*. Enheten for aktivitet er *becquerel (Bq)* som er oppkalt etter Antoine Henri Becquerel som oppdaget radioaktiviteten i 1896. Konsentrasjon av radon i luft angis i becquerel pr. kubikkmeter luft ( $\text{Bq/m}^3$ ), mens konsentrasjonen av radon i vann angis i becquerel pr. liter vann ( $\text{Bq/l}$ ).

Når stråling absorberes avsettes det energi i materialet. Absorbert energi (J) pr. masse (kg) kalles *absorbert dose* og har fått enheten gray, oppkalt etter den engelske fysikeren Luis Harold Gray og forkortes Gy. Absorbert dose i et materiale vil avhenge av intensiteten på strålingen men også materialets egenskaper, type stråling og energien på strålingen.

Når ioniserende stråling treffer et stoff vil det bli dannet skader på molekyler. Selv om alle typer stråling gir de samme skadene vil fordelingen av skadene være forskjellig \_ bl.a. vil tettheten av skader være mye høyere for tungt ioniserende stråling, som alfa-stråling, sammenliknet med beta- og gamma-stråling. Dette må man ta hensyn til når man skal angi *den biologisk virksomme dosen* og det gjøres ved å multiplisere absorbert dose med en vektfaktor. For alfastråling er denne vektfaktoren 20, mens den for beta- og gammastråling er 1. Denne størrelsen kalles *ekvivalent dose* og angis i enheten sievert (Sv), oppkalt etter den svenske fysikeren Rolf M. Sievert.

Forskning på effekter av stråling har vist enkelte typer kreft er mer relatert til eksponering for stråling enn andre, f.eks. er det påvist klare sammenhenger mellom eksponering for ioniserende stråling og utvikling leukemi og lungekreft. Dessuten vil det i enkelte bestrålingssituasjoner bare være ett eller noen få organer som blir eksponert. Et eksempel på dette er lungene ved innånding av radon ( $^{222}\text{Rn}$ ) og dens kortlivede datterprodukter. Når man skal beregne en helkroppsdose, som er relevant når man skal sammenligne risiko for kreft for forskjellig type stråling og i forskjellige bestrålingssituasjoner, innføres det derfor noen faktorer som vektet forskjellige organ/vev når det gjelder sannsynlighet for utvikling av senskader som kreft og arvelige effekter. Denne størrelsen kalles *effektiv dose* og beregnes ved å multiplisere



ekvivalent dose til det enkelte organ med en vektfaktor. Disse vektfaktorene er gitt av Den internasjonale stråleverniskommisjon, ICRP. Lungene, rød benmarg, mage og tykktarm er de organer som er tillagt de høyeste vektfaktorene mht. risiko utvikling av kreft. Enheten for effektiv dose er også sievert (Sv).

## 4.2 Strålekilder og doser til befolkningen

Figur 4-3 viser en oversikt over de dosene en gjennomsnittlig nordmann mottar i løpet av et år fra forskjellige strålekilder. Denne illustrerer at det er de naturlige kildene som dominerer bildet med ca. 2/3 av totaldosen.

Radoneksponering i vårt boligmiljø er den største enkeltbidraget. De kartlegginger som er gjennomført i Norge viser en gjennomsnittlig radonkonsentrasjon i boligluften på ca.  $75 \text{ Bq/m}^3$  som tilsvarer en gjennomsnittlig effektiv dose på ca.  $2 \text{ mSv/år}$ . Det er videre anslått at 7-8% av boligmassen har en radonkonsentrasjon i boligluften som overstiger anbefalt tiltaksnivå på  $200 \text{ Bq/m}^3$  og at ca. 4% av boligmassen ligger høyere enn  $400 \text{ Bq/m}^3$  som er grensen for å få tilskudd til tiltak gjennom Husbanken.

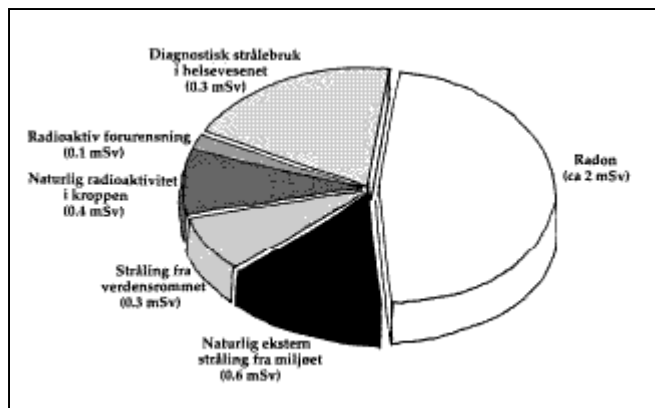
Naturlig ekstern gamma-stråling fra radioaktivitet i bygningsmaterialer og berggrunnen gir en gjennomsnittlig effektiv årsdose på  $0,55 \text{ mSv}$ . Det er de radioaktive seriene med uran ( $^{238}\text{U}$ ) og thorium ( $^{232}\text{Th}$ ) som topelementer, samt kalium ( $^{40}\text{K}$ ), som gir det alt vesentligste av bidraget. Innholdet av disse elementene kan variere betydelig i berggrunn og jordsmonn.

Naturlig intern stråling gir en gjennomsnittlig effektiv årsdose på ca.  $0,4 \text{ mSv}$ . De største bidragene får vi fra inntak av  $^{210}\text{Po}$  og  $^{40}\text{K}$  via maten vi spiser.

Kosmisk stråling skyldes høyenergetiske partikler som kommer inn mot jorda fra verdensrommet og vekselvirker med atmosfæren. Gjennomsnittlig effektiv årsdose i Norge er på ca.  $0,3 \text{ mSv}$ . Doseraten øker imidlertid med høyden over havet og dess nærmere vi beveger oss polene pga. avbøyning i jordmagnetfeltet.

Når det gjelder menneskeskapt strålekilder så er det medisinsk diagnostikk (røntgen og nukleærmedisinske undersøkelser) som står for det største bidraget. Bruk av stråling i medisinsk sammenheng gir en gjennomsnittlig effektiv årsdose pr. nordmann på ca.  $0,8 \text{ mSv}$ .

Bidraget fra radioaktiv forurensning skyldes radioaktivt nedfall på 50- og 60-tallet i forbindelse med tester med atomvåpen i atmosfæren og Tsjernobyl-ulykken i 1986. Både gjennomsnittsdosene og dosene til de som bodde i de mest utsatte områdene er imidlertid svært små sammenliknet med dosene fra naturlig stråling.



**Figur 4-3** Gjennomsnittlig effektiv årsdose i millisievert pr. år (mSv/år) fra forskjellige strålekilder i Norge. Total årlig effektiv dose er anslått til 4,2 mSv.

### 4.3 Radon og helserisiko

Ved opphold i radonholdig luft gir radongassen i seg selv bare en liten del av stråledosen. Det er alfa-strålingen fra de kortlivede datterproduktene av radon ( $^{218}\text{Po}$  og  $^{214}\text{Po}$ ) som gir det meste av dosen til lungene ved innånding. Alfa-partikler har kort rekkevidde og kan gå bare noen få centimeter i luft før de stoppes. I biologisk vev kan de gå noen titalls mikrometer før de har avsatt all sin energi og dermed stoppes. De har for kort rekkevidde til å kunne trenge gjennom beskyttelseslaget i ytterhuden og vil derfor ikke gi doser til kroppen på andre måter enn hvis vi får stoffene inn ved inntak eller inhalasjon. Beskyttelseslaget i bronkiene og bronkiolene er mye tynnere enn i huden, og når datterprodukter fester seg i epitelet kan alfa-strålingen gi skader på levende celler som kan medføre at de utvikler seg til kreftceller.

Grunnlaget for vurdering av helserisiko ved radoneksponering er i hovedsak basert på *epidemiologiske studier* blant gruvearbeidere og i boligmiljø. I slike undersøkelser ser man på sammenhengen mellom radoneksponering og forekomst av kreft i en befolkningsgruppe. Med helserisiko i forbindelse med radoneksponering mener vi risiko for utvikling av lungekreft. Det finnes ingen vitenskapelige holdepunkter for at radon kan forårsake andre sykdommer eller plager.

Flere internasjonale fagkomiteer, bl.a. under Den internasjonale strålevernskomisjon og Verdens helseorganisasjon, går med jevne mellomrom igjennom alt tilgjengelig grunnlagsmateriale fra epidemiologiske studier og radiobiologiske forsøk og gjør sine vurderinger av helserisiko. Konklusjonene i de siste utredningene er tilnærmet like, og etterhvert som det har kommet til nye studier har også grunnlaget for risikoberegninger ved lave eksponeringsnivåer blitt langt bedre.

Når det gjelder undersøkelser blant gruvearbeidere er det viktigste erfaringsmaterialet knyttet til studier i urangruver i USA, Tsjekkoslovakia, Frankrike og Canada, men det er også gjennomført studier i andre typer gruver bl.a. på Newfoundland, i Storbritannia, USA, Sverige, Norge og Kina. Selv om disse studiene gir et godt grunnlag for å anslå helserisiko ved radoneksponering i gruver så er det en del usikkerheter ved direkte å benytte de samme risikoestimatene for anslag av risiko ved eksponering i boligmiljø. Dette på grunn av mulig tilstedeværelse og samvirkning

med andre stoffer som kan initiere eller påvirke risikoen for utvikling av lungekreft. De analyser som er gjennomført tyder på en betydelig samvirkning mellom røyking og radoneksponering. For røykere er risikoen ved å oppholde seg i radonholdig luft større enn summen av hver enkelt risikofaktor alene.

De individuelle eksponeringsnivåene varierer enormt - fra konsentrasjoner under 100 Bq/m<sup>3</sup> til i overkant av 100 000 Bq/m<sup>3</sup>. Til sammenlikning er de høyeste målingene i boligmiljø i Norge på ca. 50 000 Bq/m<sup>3</sup>. Gjennomsnittseksponeringen i gruvene tilsvarer en radonkonsentrasjon i boligluft på ca. 600 Bq/m<sup>3</sup> over 20 år med 75% opphold innendørs. Dette illustrerer at eksponeringsnivåene i gruver og boliger til en viss grad overlapper hverandre selv om eksponering pr. tidsenhet i gjennomsnitt er noe høyere i gruvene. Det er nylig publisert en analyse hvor man spesielt har sett på sammenhengen mellom eksponeringsnivåer og helserisiko. Resultatene tyder på en tilnærmet lineær sammenheng helt ned til nivåer som tilsvarer en radonkonsentrasjon i boligluften på i underkant av 200 Bq/m<sup>3</sup>.

De fleste epidemiologiske studier i boligmiljø er geografiske korrelasjonsstudier hvor man har gjennomført målinger i et utvalg av boligmassen og korrelert resultatene med forekomst av lungekreft. Det er gjennomført et tyvetalls slike studier. To av disse er gjennomført i Norge, henholdsvis i perioden 1984-86 (ca. 1600 boliger fra 79 kommuner) og mellom 1987-89 (ca. 7500 boliger fordelt på alle landets kommuner). Slike korrelasjonsstudier er imidlertid beheftet med betydelige metodiske svakheter og det er internasjonal enighet om å tillegge resultatene av slike studier liten vekt.

Det er de såkalte "*case-control*"- studiene som danner grunnlag for direkte å kunne anslå risiko for lungekreft ved eksponering i boligmiljø. I slike undersøkelser gjøres det målinger i boligene til pasienter som har utviklet eller dødd av lungekreft og hos en kontrollgruppe. Ved årsskiftet 2000/2001 var det publisert resultater av 15 slike studier i Sverige, USA, Canada, Finland, Tyskland og England. Enkeltvis gir disse studiene for liten «tyngde» i en statistisk analyse - spesielt når et gjelder å anslå risiko ved eksponering for lave radonkonsentrasjoner (< 200 Bq/m<sup>3</sup>) og for ikke-røykere. Det er derfor gjennomført felles analyser av flere av disse studiene - bl.a. en såkalt metaanalyse av de åtte største undersøkelsene. I denne metaanalyse veies de enkelte studiene etter gitte kriterier, men kan ikke på noen måte metodisk sammenliknes med en fellesanalyse hvor alle lungekrefttilfeller og kontrollpersoner slås sammen. Til tross for de forskjeller man har når det gjelder eksponering i gruver og boliger så er risikoanslagene tilnærmet identiske.

Det pågår fremdeles et omfattende forskningsarbeid for å kunne gi sikrere vurderinger av hvilken risiko radoneksponering i vårt bolig- og arbeidsmiljø representerer. Det er imidlertid generell enighet internasjonalt om at radon er en betydelig risikofaktor for lungekreft. WHO's internasjonale organisasjon for kreftforskning, IARC, har klassifisert radon i gruppe 1, dvs. «*sikkert kreftfremkallende for mennesker*» og WHO vurderer radon til å være den viktigste risikofaktor for lungekreft etter røyking. Selv om det er beheftet usikkerheter ved risikoestimatene, er det grunn til å understreke at det ikke er noe annet område innenfor strålevernet hvor man har et bedre grunnlagsmateriale for risikovurderinger enn akkurat når det gjelder radon.

På bakgrunn av de epidemiologiske studiene har Statens strålevern og Krefregisteret

anslått at radoneksponering i boliger kan være årsak til mellom 5 og 15 % av alle nye lungekrefttilfeller i Norge. Dette tilsvarer mellom 100 og 300 tilfeller pr. år. Disse anslag er godt i overensstemmelse med de vurderinger som er gjort av internasjonale komiteer og i andre land når man tar hensyn til forskjeller i radonnivå, befolkningsstørrelse og andel røykere.

Flere epidemiologiske studier tyder imidlertid på at radon og røyking ikke er uavhengige risikofaktorer, dvs. hvis man røyker og daglig oppholder seg i radonholdig luft vil risikoen for lungekreft bli større enn summen av hver risikofaktor alene. Årsaken til denne samvirkningen, og hvilke forhold som påvirker denne, er ikke helt klarlagt. En slik samvirkning vil bl.a. ha som konsekvens at antall lungekrefttilfeller i befolkningen som skyldes radoneksponering vil kunne reduseres betydelig ved at flere slutter å røyke. Vurderinger som er gjort i USA tyder imidlertid på at 1/3 av alle de lungekrefttilfeller som har sammenheng med radon er blant ikke-røykere, og at radon likevel vil være en betydelig kollektiv risiko selv om alle sluttet å røyke.

Ved radonnivåer på over  $2000 \text{ Bq/m}^3$  vil risikoen for lungekreft for en ikke-røyker være på samme nivå som for en storrøyker (20 sigaretter pr. dag) som bor i en bolig med normale radonkonsentrasjoner. For en storrøyker har WHO anslått at risikoen for lungekreft ved å bo i en bolig med  $2000 \text{ Bq/m}^3$  være over 10 ganger høyere enn om vedkommende bor i en bolig med normale radonnivåer men fortsetter å røyke. Dette illustrerer at røykere som bor i høye radonnivåer vil kunne redusere sin risiko for lungekreft betydelig ved å redusere radonnivåene selv om vedkommende fortsetter å røyke.

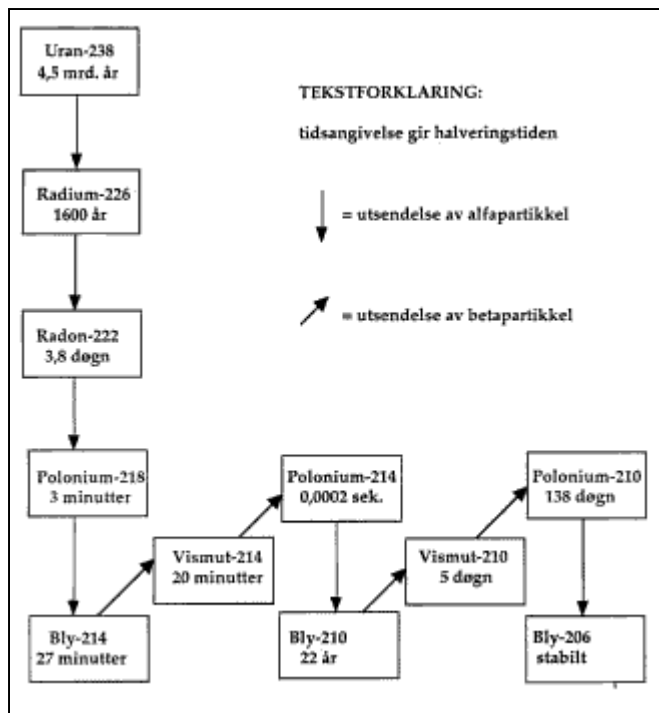
Selv om det fremdeles pågår et omfattende forskningsarbeide for å komme frem enda sikrere anslag av risiko ved radoneksponering i både bolig- og arbeidsmiljø, er det generell enighet i internasjonal sammenheng om at radon er en så viktig risikofaktor for lungekreft at tiltak bør gjennomføres for å redusere eksponeringen ved høye radonkonsentrasjoner i innemiljøet. De tiltaksnivåer som er gitt av Statens strålevern er i overensstemmelse med internasjonale anbefalinger og er satt på bakgrunn av en vurdering av helserisiko.

---

## 5 Radonkilder og radonkartlegging

### 5.1 Hva er radon og hvordan dannes radon ?

Overalt i naturen finner vi små mengder radioaktive stoffer som har naturlig opprinnelse. Et av disse er uran ( $^{238}\text{U}$ ). Når uran brytes ned dannes nye radioaktive elementer i en kjede med i alt 14 ledd frem til stabilt bly ( $^{206}\text{Pb}$ ). I denne kjeden finner vi radium ( $^{226}\text{Ra}$ ), som igjen desintegrerer til radon ( $^{222}\text{Rn}$ ). Nedbrytningskjeden til uran er vist i *Figur 5-1*. I motsetning til alle de øvrige elementer i urankjeden er radon en edelgass og har derfor svært liten evne til å binde seg til andre stoffer. Det fører til at radon lett unnslipper materialer og kommer ut i det luftmiljø vi puster i.



**Figur 5-1** Nedbrytningskjeden for uran (238U )

Når radon desintegrerer dannes det en kjede av forskjellige andre radioaktive stoffer, ulike isotoper av polonium (Po), vismut (Bi) og bly (Pb). Alle disse elementene er kjemisk aktive og har stor evne til å feste seg til partikler, gjenstander i omgivelsene og til luftveiene ved innånding. De første elementene etter radon er kortlivede, med halveringstider fra brøkdel av sekunder til noen titalls minutter. Disse kaller vi vanligvis for «radondøtre». To av disse, 218Po og 214Po, avgir alfastråling.

## 5.2 Radonkilder

Byggegrunnen er den viktigste radonkilden for norske boliger og er i de aller fleste enkelttilfeller hovedårsak til forhøyde radonkonsentrasjoner i inneluften. I områder hvor det er høye konsentrasjoner av radium i berggrunn og jordsmonn, og hvor transportmulighetene for radon opp til overflaten er gode, vil sannsynligheten for forhøyde radonkonsentrasjoner være stor. Kartlegginger i Norge har vist at områder med store forekomster av alunskifer og radiumholdig granitter er spesielt utsatt. Tilsvarende er tilfelle for områder der det er betydelige mengder løsmasser i byggegrunnen. I boliger hvor man finner forhøyde konsentrasjoner er imidlertid ofte årsaken knyttet til bygningstekniske svakheter. Utettheter i flater som har kontakt mot byggegrunnen vil gi «gode» innstrømningsveier for radonholdig jordluft.

Radon dannes med en hastighet som bare avhenger av konsentrasjonen av radium. Tabell 5-1 viser radiumkonsentrasjonen i noen viktige nordiske bergarter og typer jordsmonn. Dataene er hentet fra et stort antall målinger som er gjort i de nordiske land og viser at det er betydelige variasjoner i radiumkonsentrasjon mellom forskjellige typer bergarter og jordsmonn, men at det også er store variasjoner innenfor samme type bergart. Vi ser av tabellen at alunskifer og alunskiferrik jord har de høyeste radiumkonsentrasjonene, men at visse typer granitt også kan ha betydelig forhøyde konsentrasjoner.

**Tabell 5-1** Konsentrasjon av radium-226 i noen nordiske bergarter og jordtyper

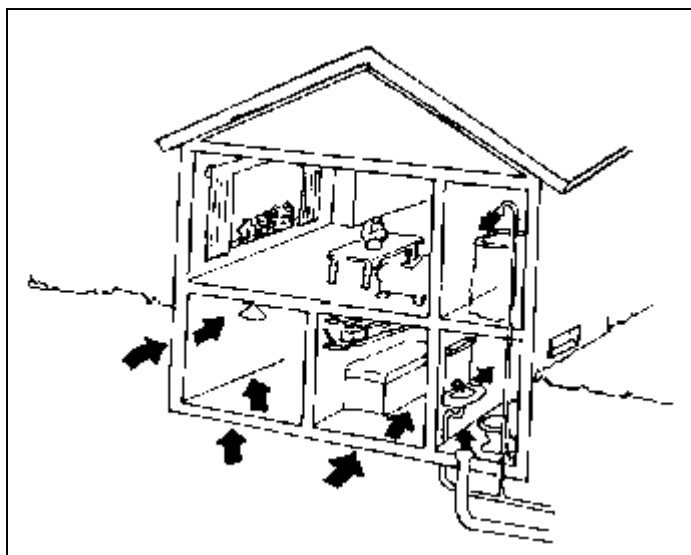
Bergart/Jordtype	Aktivitetskonsentrasjon ( Bq/kg )
Normal granitt	20 - 120
Uranrik granitt	100 - 600
Gneis	20 - 100
Dioritt	1 - 10
Sandstein	5 - 60
Kalkstein	10 - 120
Alunskifer 1) Fra midtre kambrium	120 - 600
Alunskifer 2) fra øvre kambrium eller nedre ordovicium	600 - 5000
Alunskifer-rik jord	100 - 2000
Morenejord	20 - 80

Det er imidlertid ikke tilstrekkelig å bare se på radiumkonsentrasjonen i bergarter og jordsmonn. Materialenes evne til å frigi radon for transport (emanasjonen) og byggegrunnens egenskaper til å transportere radon (permeabiliteten) vil ofte ha avgjørende betydning. Disse egenskapene, som henger sammen med porøsitet og forholdet mellom overflate og volum, kan variere betydelig selv innenfor samme type bergart. I kompakt jordsmonn med liten emanasjon og lav permeabilitet, vil frigivelsen av radon til jordluften være liten. Samtidig vil transporten til overflaten kunne ta så lang tid at de aller fleste radonatomer er gått over til datterprodukter med stor evne til å binde seg i materialer. Selv om vi har høy aktivitet av radium i grunnen kan derfor radonkonsentrasjonen i inneluften være tilnærmet normal. I løsmasser er overflaten stor og gjennomtrengeligheten høy. Selv ved lav radiumkonsentrasjon kan derfor mye radon frigjøres til store volum av jordluften og lett transporteres til overflaten. Boliger i slike områder kan derfor ha høye radonkonsentrasjoner i inneluften selv om radiumkonsentrasjonen i grunnen under konstruksjonen ikke er spesielt høy. Det kan dessuten være store lokale variasjoner i de forhold som påvirker forekomst og transport av radon til inneluften.

### 5.3 Årsaker til radon i innelufta

Kildene til radon i inneluften kan i hovedsak deles inn i tre kategorier:

- Innstrømning av radon gjennom *konstruksjonen mot byggegrunnen*.
- Avgassing av radon fra *byggningsmaterialer*
- Frigivelse av radon fra *husholdningsvann*.



**Figur 5-2** Forskjellige inntrengningsveier for radon til inneluft fra byggegrunnen

#### *Innstrømning av radon fra byggegrunn*

Innstrømning av radon gjennom konstruksjonen er den viktigste kilden til forhøyde radonkonsentrasjoner i norske boliger. Radon kan lett trenge inn via sprekker og utettheter i sålekonstruksjon og grunnmur, rundt rørgjennomføringer og sluk, ledningssjakter, etc. Selv små og ofte usynlige sprekker kan føre til stor innstrømning av radon. Dette er svakheter som ofte først opptrer eller viser seg etter noen år. Kartlegginger gjennomført av Statens strålevern viser at eneboliger og rekkehus har de høyeste gjennomsnittskonsentrasjonene og høyest andel av boligene over tiltaksnivå. Svært få blokkleiligheter har forhøyde konsentrasjoner. Det er beregnet at 7-8% av boligmassen i Norge har en gjennomsnittlig radonkonsentrasjonen i boligrom som overstiger anbefalt tiltaksnivå på  $200 \text{ Bq/m}^3$  og at ca. 4% ligger over  $400 \text{ Bq/m}^3$ .

For eneboliger har de med delvis utgravd underetasje de høyeste konsentrasjonene. En årsak til dette kan være at en slik kjellerløsning gir større kontaktflate mot grunnen og at det ofte er vanskelig å opprettholde en tett konstruksjon over tid.

De kartlegginger som er gjennomført viser videre at boliger bygget fra begynnelsen av 70-tallet og utover har en betydelig høyere gjennomsnittskonsentrasjon enn boliger som er bygget tidligere. Dette kan skyldes endring i byggestil, ventilasjon og bruk av bygningsmaterialer, bl.a. lettklinkerblokker i grunnmur, som kan føre til større innstrømning av radon fra grunnen. Det er også gjennomført etterisolering av eldre hus som kan ha medført en økning i innendørs radonkonsentrasjon. Statens strålevern har konkludert med at radonkonsentrasjonen i dagens boligmasse er 70-80% høyere enn for ca. 30 år siden.

#### *Radon fra bygningsmaterialer*

I norske boliger er avgassing av radon fra bygningsmaterialer sjelden årsak til forhøyde konsentrasjoner i inneluften. Det skyldes at norske bygningsmaterialer generelt sett har lave radiumkonsentrasjoner. Situasjonen er noe forskjellig i Sverige hvor det frem til midten av 70-tallet ble benyttet en type lettbetong med innslag av

alunskifer - den såkalte blåbetongen - i ca. 10% av boligmassen.

### *Radon fra husholdningsvann*

I Norge er det hovedsaklig overflatevann som benyttes som husholdningsvann. Radonkonsentrasjonene i overflatevann er generelt lave og gir liten tilførsel av radon til inneluften. Situasjonen kan imidlertid være noe forskjellig for boliger som har sin vannforsyning fra grunnvannskilder. Dette gjelder spesielt områder hvor det er forekomster av radiumholdige granitter i berggrunnen. I slike tilfeller kan husholdningsvann fra lukkede brønnsystemer gi et vesentlig bidrag til radonnivået i inneluften. Det er anslått at 7-8% av landets husholdninger har sin vannforsyning fra borebrønner og de kartlegginger som er gjennomført av Statens strålevern viser at ca. 15% av disse har en radonkonsentrasjon i vannet som er høyere enn 500 Bq/l.

## **5.4 Kartlegging av radon i norske boliger**

De første målingene av radon i boliger i Norge ble gjennomført av Statens institutt for strålehygiene på begynnelsen av 80-tallet. I perioden 1987-89 ble den første landsomfattende kartleggingen gjennomført. Denne omfattet ca. 7500 tilfeldig utvalgte boliger fordelt etter folketall på alle landets kommuner. I etterkant av denne kartleggingen og frem til år 2000 er det gjennomført målinger i ca. 25 000 boliger, men på dette tidspunkt var det bare ca. 40 kommuner som hadde gjennomført tilstrekkelige kartlegginger som gjør det mulig å kunne identifisere eventuelle områder som er spesielt utsatt. Høsten 2000 avsatte Sosial- og helsedepartementet midler til gjennomføring kommunale kartlegginger med målinger totalt 30 000 målinger. I 114 kommuner ble det tilfeldig valgt ut mellom 50 og 600 boliger, som tilsvarer mellom 3 og 15% av boligmassen. På bakgrunn av disse målingene utarbeides geografiske oversikter og anbefalinger mht. behov for oppfølgende målinger i eventuelle områder som er spesielt utsatt.

Statens strålevern har gjennomført målinger av radon i ca. 3700 barnehager og 1500 skoler. Det er også gjennomført landsomfattende kartlegginger av radon i husholdningsvann med målinger på prøver fra ca. 4500 grunnvannskilder

Statens strålevern har etablert en database over radonmålinger i Norge. Mer informasjon om de målinger som er gjennomført finnes på <http://radon.nrpa.no>. Det er også utarbeidet er hefte om kartlegging av radon i boliger (Strålevernhefte nr. 17, 1998).

## **5.5 Måling av radon**

Statens strålevern har gitt ut retningslinjer for måling av radon i inneluft og undersøkelser av byggegrunn (Strålevernhefte nr. 3). I disse retningslinjene settes det visse krav bl.a. til integrasjonstid for at målinger i inneluft skal kunne benyttes som beslutningsgrunnlag for igangsetting av eventuelle mottiltak.

Det kan være store variasjoner i radonkonsentrasjonen over tid \_ dette gjelder både korttidsvariasjoner (timer \_ dager) og langtidsvariasjoner (måneder \_ årstid). Det er vanlig at radonkonsentrasjonen over en ukes tid varierer med en faktor 10 fra laveste til høyeste verdi. Metoder som bare måle gjennomsnittskonsentrasjonen over noen timer eller dager kan derfor gi store målefeil. I hht. kravene fra Statens strålevern skal



minimum måletid være to måneder.

I vintermånedene er radonkonsentrasjoner i inneluften vanligvis noe høyere enn om sommeren. Dette skyldes at oppvarming av inneluften skaper et undertrykk i boligen som kan føre til større innstrømming av radon fra byggegrunnen, særlig når det i tillegg er tele i grunnen og/eller snø- eller isdekket flate rundt huset. Effekten er særlig sterk ved fyring i peis eller vedovn. På grunn av sesongvariasjonene må derfor måleverdier i vinterhalvåret korrigeres ved beregning av årsmiddelverdi. På grunnlag av studier i Norge er det funnet at radonkonsentrasjonen i gjennomsnitt er ca. dobbelt så høy i vinterhalvåret som om sommeren. Det finnes imidlertid tilfeller hvor konsentrasjonen er høyere om sommeren enn om vinteren, men radonkonsentrasjonen er da som regel noe lavere. Det kan også forekomme at det ikke er noen forskjell mellom vinter og sommer.

I hht. retningslinjene fra Statens strålevern skal måleverdier i vinterhalvåret multipliseres med en faktor på 0,75 ved beregning av en årsmiddelkonsentrasjon. Målinger bør dessuten begrenses til vinterhalvåret, dvs. fra begynnelsen av oktober til slutten av april.

Undersøkelser har vist at det også er variasjoner fra år til år. Disse variasjonene gjør at det alltid vil være en usikkerhet i beregning av gjennomsnittskonsentrasjonen over tid selv om måletiden er opp til et helt år. Denne variasjonen skyldes bl.a. klimaforskjeller fra år til år og kan gi et bidrag til usikkerheten på 20-30 %.

For rutinemessige målinger av radon i boliger benyttes enkle, billige detektorer som ikke trenger tilknytning til batteri eller strøm og som kan distribueres til boliginnehaver via brevpost. Disse kalles *passive* detektorer. Av de metodene som finnes er det bare *sporfilmmetoden* som oppfyller alle de kravene som er stilt av Statens strålevern. Disse kravene er i overensstemmelse med internasjonale anbefalinger og krav i andre land.

Det finnes også instrumenter som måler radonkonsentrasjonen kontinuerlig i inneluft. Ved å benytte slike instrumenter vil man få mer informasjon om hvordan radonkonsentrasjonen varierer over tiden. Dette kan gi nyttig tilleggsinformasjon i forbindelse med valg og gjennomføring av mottiltak. Kontinuerlige måleinstrumenter er dyrere i anskaffelse og lite aktuelle for rutinemålinger.

### *Sporfilmmetoden*

Tungt ioniserende partikler har evnen til å påføre visse materialer (polymerer, mineraler, glass, etc.) mikroskopiske skader (brudd i kjemiske bindinger) eller «spor» som kan gjøres synlige ved kjemisk eller elektrokjemisk etsing. Alfapartikler fra radon og de kortlivede radondøtrene har evnen til å påføre slike skader eller spor i materialet. Etter etsing i sterk natriumlut ved en temperatur på mellom 70 og 80 °C vil sporene bli synlige i mikroskop. Tettheten av sporene vil gi et mål for radonkonsentrasjonen.

Den mest benyttede metoden er *sporfilm med diffusjonskammer*, hvor man kan filtrere bort radondøtre og det meste av andre komponenter i luft (bl.a. fuktighet) som kan innvirke på deteksjonsprosessen. Radonatomer vil kunne diffundere inn i kammeret

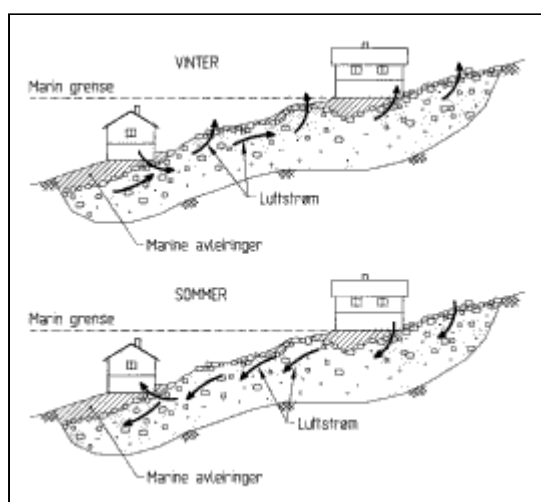
og det vil etter ganske kort tid etableres en likevekt mellom luften i og utenfor. Kammeret har en diameter på ca. 6 cm og en høyde på ca. 2 cm og sporfilmen holdes på plass i bunnen av kammeret. Inne i kammeret vil det kontinuerlig dannes datterprodukter av radon. Sporfilmen vil eksponeres for alfapartiklene som emitteres. Med denne metoden vil man direkte kunne måle radonkonsentrasjonen i luften utenfor. Selve sporfilm består av et klart plastmateriale av polyallyldiglykolkarbonat som ofte betegnes CR-39. Med denne metoden kan man måle radonkonsentrasjoner fra ca. 10 Bq/m<sup>3</sup> (1/8 av gjennomsnittet i norske boliger) til flere tusen Bq/m<sup>3</sup>.

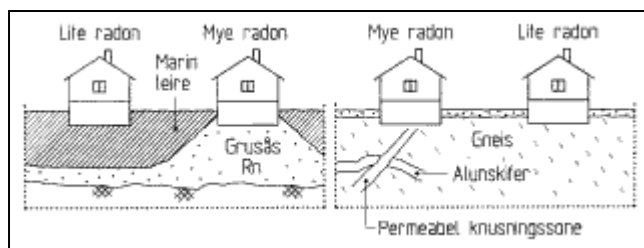
Det finnes også metode basert på åpen sporfilm. Denne metoden er også noe følsom for radondøtre og fuktighet i luften og kan gi noe større målefeil.

Begge metodene oppfyller imidlertid de minimumskrav som Statens strålevern har satt for å kunne benyttes som beslutningsgrunnlag for igangsetting av eventuelle tiltak for å redusere radonkonsentrasjonen. Det anbefales imidlertid at det gjennomføres minimum to målinger i to forskjellige oppholdsrom (stue, soverom, etc.) og under normale ventilasjonsforhold. Sporfilmen må plasseres på egnede steder i rommet ikke nær vindu, ildsted, ventilasjonskanal, varmeovner, etc. som kan medføre store målefeil.

#### *Undersøkelser av byggegrunn*

I de fleste tilfeller vil radonundersøkelser av byggegrunn bli langt dyrere enn kostnadene forbundet med å gjennomføre visse enkle forebyggende tiltak i byggeprosessen som begrenser innstrømmingen av radonholdig jordluft og sikrer god og riktig ventilasjon av inneluften. Ved utbygging av store boligfelt kan det imidlertid vise seg hensiktsmessig å gjennomføre slike undersøkelser som grunnlag for valg og dimensjonering av tekniske løsninger. For nærmere beskrivelse av byggegrunnsundersøkelser henvises til Strålevernhefte nr. 3 som er utgitt av Statens strålevern.





**Figur 5-3** Snitt som viser eksempler på hvordan hus i samme område kan få svært ulik konsentrasjon av radon i inneluften pga. inhomogeniteter i undergrunn

### *Måling av radon i husholdningsvann*

Radon i husholdningsvann kan i enkelte tilfeller være hovedårsak til forhøyde konsentrasjoner av radon i inneluften. Dette gjelder spesielt i de tilfeller vannet kommer fra borebrønner i fast fjell. I forbindelse med de store kartlegginger som er gjennomført i Norge er måling av radonkonsentrasjon i vann gjennomført med *væskescintillasjonsmetoden*. Metoden krever at vannprøven tas etter en bestemt prosedyre og prepareres på stedet. Prøven sendes deretter inn til Statens strålevern for analyse. Nærmere informasjon om slike målinger kan fås ved å henvende seg til det lokale Næringsmiddeltilsynet eller Statens strålevern.

## **6 Tiltak i eksisterende bygninger**

### **6.1 Generelt**

Radonkonsentrasjonen måles i becquerel pr. kubikkmeter,  $Bq/m^3$ , dvs. aktiviteten av radon i en kubikkmeter luft. Norske myndigheter anbefaler å gjennomføre enkle og billige tiltak i boliger med gjennomsnittlig radonkonsentrasjon i området 200 \_ 400  $Bq/m^3$ . Hvis konsentrasjonen overstiger 400  $Bq/m^3$ , bør tiltak gjennomføres, selv om de skulle vise seg å bli kostbare. Etter at tiltak er gjennomført bør årsmiddelverdien ligge under 200  $Bq/m^3$ .

Tiltakene er grundig omtalt i Byggforvaltning 701.706 «Radon. Bygningstekniske tiltak i eksisterende bygninger».

### **6.2 Forholdsom er viktige for å vurdere tiltak**

For å ha en god forståelse av når ulike tiltak er best egnet, trenger man kunnskap om byggeteknikk, bygningsfysikk, ventilasjonsteknikk, radon (kilder, forekomster, målinger etc.) og geologi.

Følgende betingelser må være til stede for at radon skal kunne komme inn i en bygning:

- Radonavgivende grunn
- Utettheter i konstruksjonen mot grunnen
- Trykkforskjell over konstruksjonen mot grunnen

Det er vanskelig å forutsi effekten av tiltak mot radon i eksisterende bygninger. Man bør derfor generelt starte med enkle og billige tiltak, som f.eks. å tette åpenbare utettheter i konstruksjonene mot grunnen, øke ventilasjonen ved å rengjøre ventilasjonskanaler, holde dem og vinduer åpne så mye som mulig, og ev. sette inn flere ventiler. Dersom disse tiltakene ikke viser seg å gi ønsket reduksjon av konsentrasjonen av radon i inneluften, må mer ressurskrevende tiltak settes i verk.

Hvilke tiltak som skal velges som neste skritt, er avhengig bl.a. av hustype/konstruksjon, ventilasjonsforhold, grunnforhold og huseierens ønsker. Det er også svært viktig å vurdere eventuelle bygningstekniske konsekvenser av tiltakene. Følgende forhold er viktige å vurdere ved valg av tiltak:

- Utettheter /åpninger i konstruksjonene
- Ventilasjonsforhold
- Grunnforholdene på tomte samt under og rundt bygningen

Tiltak mot radon fra grunnen i eksisterende bygninger kan i hovedsak deles inn i tre hovedgrupper:

- Tetting av konstruksjonene mot grunnen
- Forbedring av ventilasjonen i bygningen
- Trykkendring over konstruksjonene mot grunnen, og ventilasjon av grunnen

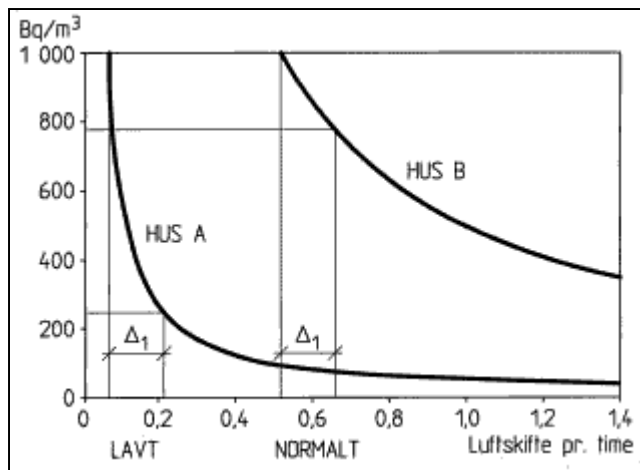
I tillegg kan utskifting av grunnmasser være aktuelt i enkelte tilfeller.

### **6.2.1 Utettheter og åpninger i konstruksjonene**

Et enkelt hjelpemiddel for å kartlegge om det er luftstrømmer gjennom luftåpne materialer, sprekker, utettheter og rundt gjennomføringer i konstruksjonene mot grunnen, er å bruke en røykampulle. Ampullen holdes inntil de sprekke/utetthetene man vil undersøke, og røyken fra ampullen vil vise hvilken vei eventuelle luftstrømmer gjennom utettheter og åpninger går. En myggspiral kan i de aller fleste tilfellene gjøre samme nytten som en røykampulle. Åpenbare utettheter bør alltid tettes, uansett hvilke andre tiltak som eventuelt er aktuelle å gjennomføre. Typiske steder man bør kontrollere for luftgjennomgang, samt hvordan utettheter bør tettes, er behandlet i punkt 6.3.

### **6.2.2 Ventilasjonsforhold**

Dersom ventilasjonsforholdene i bygningen er relativt dårlige, kan huseieren ha interesse av å installere et balansert ventilasjonsanlegg, selv om dette er et relativt kostbart tiltak. Enkle luftmengdemålinger på tillufts- og avtrekksventiler kan gi et inntrykk av hvordan ventilasjonsforholdene i bygningen er. Hvor god ventilasjonen i utgangspunktet er i huset og hvor høy radonkonsentrasjonen er, har stor betydning for hvor god effekt et ventilasjonstiltak vil ha, se fig. 6-1.



**Fig 6-1** Radonkonsentrasjon som funksjon av luftskifte og effekten av ventilasjonstiltak.

Har man normalt god ventilasjon med et luftskifte på 0,5 \_ 0,7 oms/h, vil man ikke oppnå noen stor reduksjon av radonkonsentrasjonen ved å øke ventilasjonen. Er imidlertid ventilasjonen dårlig (luftskifte på 0,1 \_ 0,2 oms/h), kan man redusere radonkonsentrasjonen betraktelig ved å øke ventilasjonen til et normalt godt nivå. Luftskiftet kan måles ved hjelp av sporgass og måleinstrumenter.

Erfaring indikerer at dersom radonkonsentrasjonen er høyere enn ca. 1500 Bq/m<sup>3</sup> vil et balansert ventilasjonsanlegg kunne redusere radonkonsentrasjonen betraktelig, men sannsynligvis ikke helt ned til ønsket nivå.

### 6.2.3 Trykkforhold over konstruksjonene mot grunnen

Et egnet tiltak kan være å endre trykkforholdene over konstruksjonene mot grunnen. For å vurdere nytten av tiltaket må grunnforholdene være kartlagt. Massene inntil og under konstruksjonene må være undersøkt b.l.a. med hensyn til hvor luftgjennomtrengelige de er.

Hus som er bygget etter ca. 1960 vil som regel ha pukk eller sprengstein under betongplaten og drenerende masser rundt grunnmuren. Dersom man er usikker på hva slags masser som finnes under golv og rundt grunnmur, kan man undersøke dette ved å grave opp et par steder.

For å få god effekt av en radonbrønn må det være luftgjennomtrengelige masser under og rundt konstruksjonene mot grunnen, samtidig som overflaten på tomten må være relativt tett, se punkt 6.5. Det pågår forskning på dette området, og generelt ser det ut til at dersom grunnen på tomten er relativt tett, er det størst mulighet for å redusere radonkonsentrasjonen ved å velge en undertrykksløsning. Dersom grunnen derimot er svært permeabel, kan det være vanskelig å oppnå undertrykk. Resultatet kan da i verste fall bli økt radonkonsentrasjon. Best virkning vil da imidlertid oppnås ved å ventilere grunnen ved hjelp av innblåsing av luft.

## 6.3 Tetting av konstruksjoner mot grunnen

### 6.3.1 Generelt

Tettetiltak bør utføres for å hindre at radonholdig luft fra grunnen trenger gjennom konstruksjonene, enten på grunn av at materialene ikke er lufttette, eller ved sprekker og dårlige tilslutningsdetaljer. Åpenbare utettheter bør tettes, uansett hvilke tiltak som ellers er aktuelle å utføre.

Luftlekkasjer (konveksjon) er den viktigste kilden til at radon kommer inn i bygninger, men diffusjon av radon gjennom materialene/konstruksjonene bidrar også til radoninnholdet i inneluften.

#### *Konveksjon*

Radongass strømmer gjennom utettheter i materialer pga. termisk oppdrift eller trykkforskjeller.

#### *Diffusjon*

Radongass vil kunne diffundere gjennom materialer pga. molekylvandring. Diffusjonen går fra et område med høy konsentrasjon til et område med lavere konsentrasjon, og søker å utjevne konsentrasjonsforskjellen.

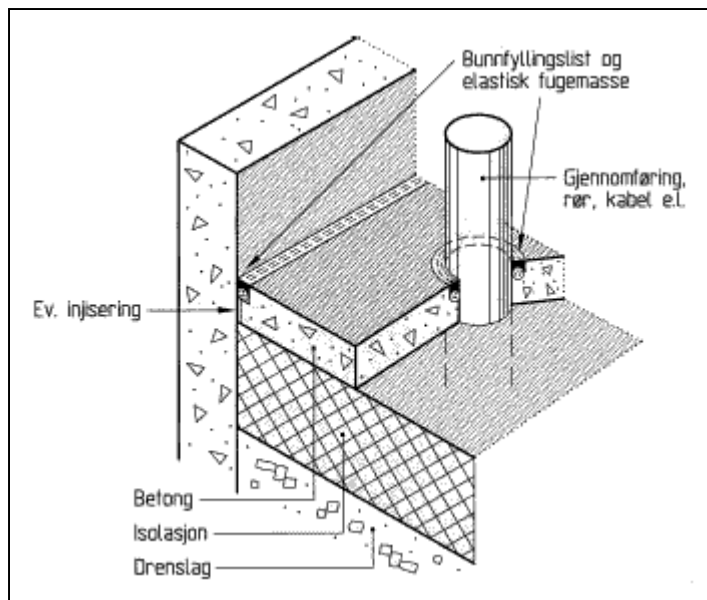
### **6.3.2 Betonggolv på grunnen**

Radonholdig luft kan lekke gjennom hull og sprekker i betongen, ved gjennomføringer og ved tilslutning til andre bygningsdeler.

Til å tette hull eller pusse over sprekker i betonggolv kan man bruke sementbaserte produkter som har god vedheft, og lite svinn eller små bevegelser i forhold til underlaget.

Rundt gjennomføringer av f.eks. vann- og avløpsrør kan man tette med fugemasse som kan ta opp bevegelser, se figur 6-2.

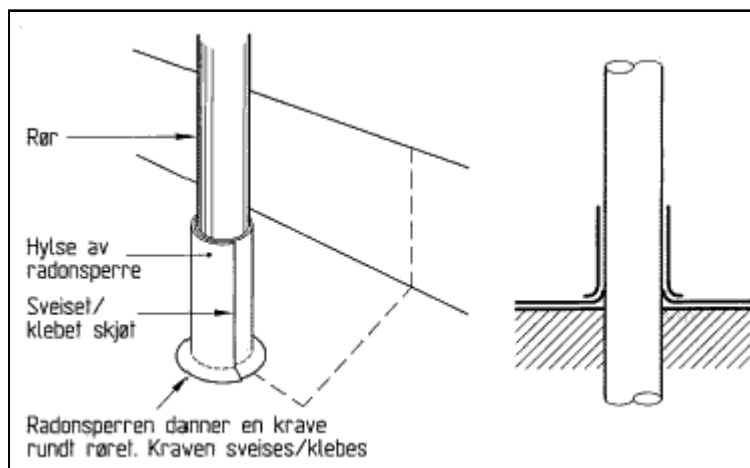
Tilslutninger til andre bygningsdeler og sprekker ved støpeskjøter kan tettes ved å injisere f.eks. epoksyplast og ev. ved å bruke en elastisk fugemasse, ekspanderende tetteprodukt eller lignende i en utskåret slisse, se figuren. Det må velges en fugemasse eller tetteprodukt som gir god vedheft til betong, f.eks. en elastisk fugemasse på polyuretanbasis. Se Byggdetaljer 573.104 «Kitt og fugemasser. Egenskaper. Materialvalg».



**Figur 6-2** Tetting rundt gjennomføringer, ved tilslutninger, og i overgang mellom golv og vegg i kjeller

Svært små sprekker i golvet (f.eks. pga. svinn) slipper også gjennom luft fra grunnen og bør tettes med en radonsperre.

Den viktigste egenskapen til en radonsperre er at selve materialet og alle overganger og detaljer må være lufttette. I tillegg bør materialet ha god diffusjonsmotstand mot radon og styrke- og aldringsegenskaper som sikrer luft- og diffusjonstetthet over tid. Det vises for øvrig til oversikt over produkter med NBI Teknisk Godkjenning.



**Figur 6-3** Lufttett tilslutning til gjennomføring i radonsperre

Der det eksisterende golvet ikke har fuktsperre og varmeisolasjon mot grunnen, er den mest fuktsikre løsningen å legge påstøp eller flytende golv på en radonsperre og varmeisolasjon. Påstøp eller flytende golv direkte på en radonsperre, gir beskyttelse mot radon og også mot fukt fra grunnen, men er ingen fullverdig løsning med tanke på fuktbeskyttelse, dersom det eksisterende golvet er uisolert. Det er viktig at tilslutninger til vegger og gjennomføringer er lufttette. Se også Byggetaljer 541.304 «Legging av banebelegg på golv» og Byggforvaltning 727.113 «Innredning av

oppholdsrom i eksisterende kjeller».

Dersom man vet at det eksisterende golvet er fuktsikret med dampsperre og isolasjon, kan sperresjiktet være en epoksybasert tettemørtel, støpbart plastbelegg eller en påstrykningsmembran som påføres på hele golvet. Også her bør man velge produkter som i tillegg til å være lufttette har god diffusjonsmotstand mot radon, og styrke- og aldringsegenskaper som sikrer luft- og diffusjonstetthet over tid. Oppå kan man f.eks. legge tregolv eller nytt belegg. Dersom det ikke legges påstøp oppå sperresjiktet, er det viktig at dette sjiktet er luktsvakt. Man bør være klar over at epoksy lett kan gi eksem ved påføring, se Byggedetaljer 570.111 «Vernehensyn ved bruk av bygningsmaterialer».

### **6.3.3 Kjelleryttervegger mot terreng**

#### *Veggtyper*

Kjelleryttervegger av betong er som regel tette, mens betonghullblokker kan ha noen luftlekkasjer. Upussede lettklinkerblokker er svært åpne for luftgjennomgang. For å tette godt mot luftlekkasjer fra grunnen, er det viktig at yttervegger av lettklinker mot terreng er pusset på begge sider. Også innvendige lettklinkervegger som er fundamentert på såleblokker, kan transportere radon inn i huset dersom veggene og murkronen ikke er pusset. Gamle natursteinsmurer mot terreng er også relativt åpne for luftgjennomgang. Dersom det lar seg gjøre, bør disse behandles på samme måte som vegger av lettklinker. I mange tilfeller kan det imidlertid være vanskelig å pusse slike konstruksjoner, og andre tiltak må dermed velges.

#### *Tetting.*

Man kan oppnå god lufttetthet med pussing dersom man bruker egnede produkter og utførelsen er bra. Leverandører av murblokker har retningslinjer for dette. Det er også viktig å være nøye ved åpninger, f.eks. vindussmyg, og ved materialoverganger.

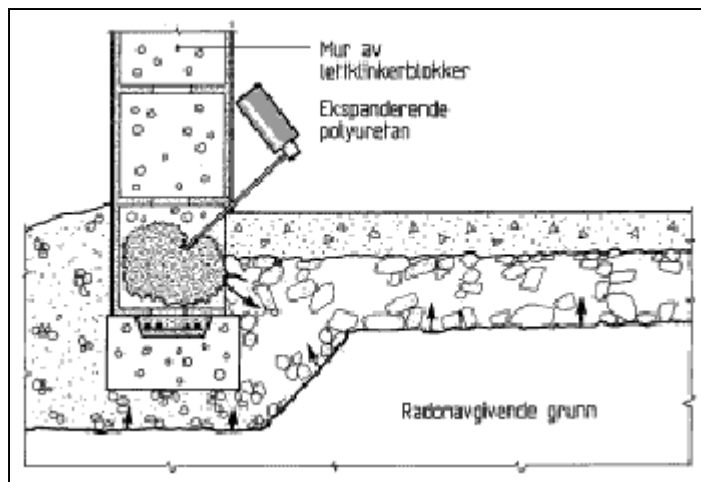
Dersom det er utettheter i den eksisterende overflatebehandlingen, må disse tettes. Det kan da også være mulig å forbedre tettheten ytterligere ved hjelp av en diffusjonstett maling der konstruksjonen er fuktsikret.

Der sokkel/kjelleretasje er kledd, er det ofte ikke pusset bak kledningen. Har man planer om å pusse opp eller ominnrede, må upussede lettklinkervegger pusses før de kles inn på nytt. Dette gjelder også vindussmyg og murkrone, der disse er tilgjengelige. Se for øvrig Byggforvaltning 727.113 «Innredning av oppholdsrom i eksisterende kjeller».

Utsparinger for ventilasjonskanaler i luftåpne kjelleryttervegger bør også pusses, dersom de ikke er kledd med beslag innvendig. Det er viktig at skjøter og kanter på slike beslag er tette. Her kan man bruke fugemasse eller fugeskum rundt kanten.

Man bør tette rundt gjennomføringer i kjelleryttervegger som går ut like over terreng, inn i grunnen eller inn til rom med høy radonkonsentrasjon. I vegger av lettklinker (yttervegger og innvendige bærevegger på såleblokk) kan man også redusere luftlekkasjer fra grunnen ved å bore hull og sprøyte polyuretanskum inn i blokkene.

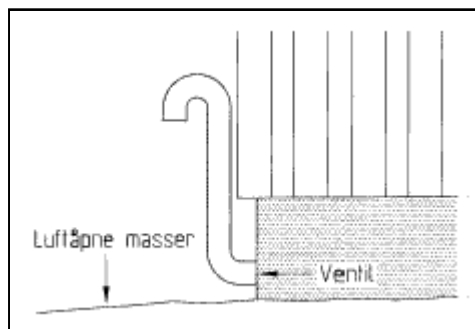




**Figur 6-4** Luftlekkasjer fra grunn reduseres ved å bore hull og sprøyte polyuretanskum inn i blokkene.

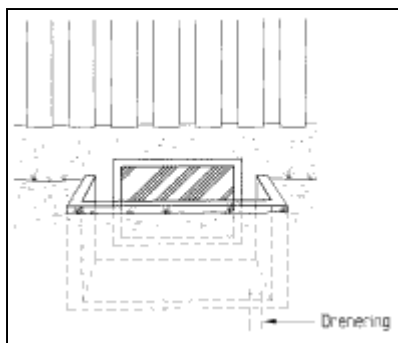
### 6.3.4 Ventil og vinduer nær grunnen

Der veggventiler ligger svært nær eller delvis nede i grunnen, kan radonholdig luft komme inn i huset denne veien. Siden disse ventilene ligger lavt i huset, vil de fungere som tilluftsventiler pga. undertrykk nær golvet. Dersom terrengoverflaten i nærheten av ventilen er åpen, bør den tettes lokalt, men det er da viktig at terrenget har fall vekk fra huset.



**Figur 6-5** Ventil med rør ført ca. 1 m opp langs veggen slik at man unngår å suge inn ev. radonholdig luft nær bakken

En annen mulighet er å stenge av den eller de ventilene som ligger nær grunnen, og bruke andre ventiler som ligger høyere over bakkenivå. Det er svært viktig med tilstrekkelig mange tilluftsventiler, og man må i tilfelle lage nye veggventiler som erstatning for de som stenges. Man kan også beholde ventilen som tilluftsventil dersom man sørger for at luften tas fra et sted høyere over terreng. Dette kan f.eks. gjøres ved å koble et rør til ventilen som føres ca. 1 meter opp langs veggen, med en bøy i toppen. Dette gjelder også kjellervinduer som ligger nær bakken, ev. nede i grunnen med «lysbrønn». Bunnen og veggene i lysbrønnen må tettes, f.eks. støpes. Dreneringen av lysbrønnen bør da besørges med et hull i bunnen lengst unna vinduet.



**Figur 6-6** Eksempel på lysbrønn foran kjellervindu

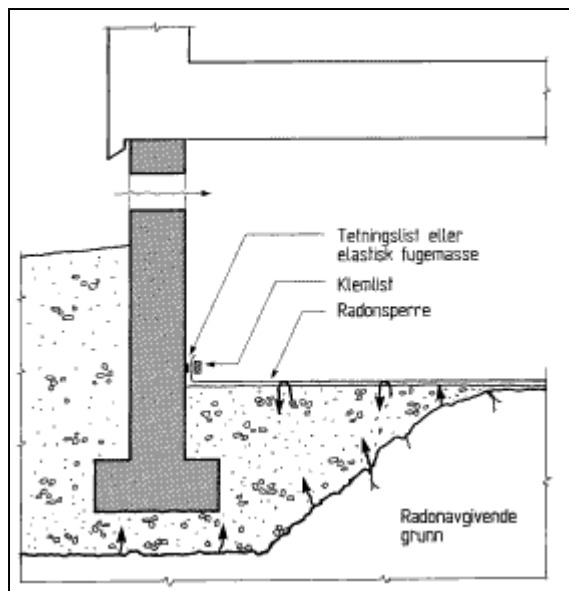
### 6.3.5 Bjelkelag over kryperom/ råkjeller

Et utett bjelkelag over kryperom eller råkjeller (her snakker vi om kjeller uten oppholdsrom) kan tettes på undersiden ved hjelp av et vindsperreprodukt (lufttett papp eller plater) som klemmes godt i alle skjøter og tilslutninger.

Der bakken i kryperommet er relativt jevn, kan man legge ut en radonsperre som stopper konveksjon av luft opp fra bakken, har god diffusjonsmotstand mot fukt og radontransport, samt styrke- og aldringsegenskaper som sikrer luft- og diffusjonstetthet over tid. Et slikt sperresjikt vil også bidra til å hindre ev. fukttilførsel fra grunnen pga. diffusjon, noe som gir en bedre sikkerhet mot fuktskader i kryperommet. Radonsperren må klemmes godt mot veggene ved hjelp av lekter og tetningslister. Der det finnes dører eller luker til kryperommet/ kjelleren, må disse forsynes med gode tetningslister.

Dersom det oppstår fuktproblemer, f.eks. på grunn av kondensvann som dannes på ytterveggene om vinteren, må dette vannet dreneres ut ved at man lager noen få små hull i radonsperren på de laveste stedene. Effekten av radonsperren vil da bli noe redusert. Det er også viktig at kryperom har tilstrekkelig antall ventiler, se Byggedetaljer 521.203 «Ringmur med ventilert kryperom».

Tetting av bjelkelag og/eller bakken i kryperom egner seg godt i kombinasjon med ev. trykkendring eller bedret ventilasjon av kryperommet.



**Figur 6-7** Et utett bjelkelag over kryprom kan tettes på undersiden ved hjelp av et vindsperreprodukt som klemmes godt i alle skjøter og tilslutninger. På bakken kan en radonsperre legges ut og klemmes mot veggene med lekter og tetningslister av bestandig gummi (f.eks. neopren eller EPDM), eller en elastisk fugemasse

## 6.4 Ventilasjonstekniske tiltak

### 6.4.1 Generelt

Veiledningen til teknisk forskrift (TEK) til plan- og bygningsloven angir at minimum ventilasjon i boliger bør være tilsvarende 0,5 luftvekslinger pr. time for at inneluften skal være av tilfredsstillende kvalitet. God ventilasjon vil minske radonkonsentrasjonen i huset ved at mengden av radon tynnes ut. I det følgende er det omtalt hvilke forhold som er viktig å være klar over ved naturlig ventilasjon, mekanisk avtrekksventilasjon og balansert ventilasjon.

### 6.4.2 Naturlig ventilasjon

I hus med naturlig ventilasjon styres luftskifte av de termiske oppdriftskreftene, som oppstår fordi varm luft er lettere enn kald luft. Drivtrykket over en friskluftventil blir bedre jo lavere ventilen er plassert i forhold til avtrekkskanalens munning. Hus bygd i én etasje får dermed lavere termisk drivtrykk. Om sommeren er det termiske drivtrykket svært lite.

Vind skaper også drivtrykk for ventilasjonen ved at det oppstår sug ved avtrekkskanalens munning over tak. Størrelsen på suget er avhengig både av hvor kanalen er plassert over taket og av den aerodynamiske utformingen av selve avkastet.

I første etasje vil det som regel være et innvendig undertrykk, i annen etasje vil det være overtrykk. Dette fører til at veggventiler i annen etasje for en stor del vil fungere som avtrekksventiler.

Luftskiftet vil bedres dersom man setter inn flere ventiler i huset. Ved lave konsentrasjoner av radon kan det være nok å åpne og rengjøre ventiler i yttervegg og i

kanaler over tak for å få redusert radonkonsentrasjonen til et akseptabelt nivå. Det er selvsagt også viktig at vindus- og veggventiler står åpne så mye som mulig.

Gir ikke dette god nok effekt, kan man sette inn flere ventiler. Dette er spesielt viktig i de lavere delene av bygningen, for å øke mengden av tilluft og dermed redusere det innvendige undertrykket.

Det er viktig at kanaler, utvendige rister og netting til veggventiler vedlikeholdes og rengjøres regelmessig.

Naturlig og mekanisk avtrekksventilasjon i småhus er omtalt nærmere i blad i Byggforsk-serien nr. 552.302 «Naturlig og mekanisk avtrekksventilasjon i småhus».

### **6.4.3 Mekanisk avtrekksventilasjon**

Mekanisk avtrekksanlegg bør minst gå på det laveste trinnet kontinuerlig for at det skal ha noen effekt på luftskiftet i huset. Det er ikke nok at det kun står på under matlaging. Dersom anlegget ikke går, oppnås ikke ønsket undertrykk på bad, våtrom og kjøkken. Dette kan føre til mye dugg på vinduene, fuktige badrom og luktproblemer som er et tegn på dårlig ventilasjon. For å sikre at disse rommene får undertrykk i forhold til resten av boligen bør man ikke ha friskluftventiler i disse rommene. Man må derfor sørge for at luften kan komme fra tilliggende rom. Ofte er det mest hensiktsmessig med en 10 mm åpen spalte under dører (ev. terskelløse dører) inn til bad/våtrom. Friskluftventiler i oppholdsrom og soverom bør imidlertid stå åpne.

Det er også viktig at anlegg med vifte vedlikeholdes og rengjøres regelmessig. Avtrekkskanaler nedsmusses vanligvis rett etter ventiler og etter bend. Kanalene bør inspiseres innvendig annethvert år, og rengjøring bør skje ved avdekket behov, men ikke sjeldnere enn en gang hvert tiende år. Kanalene rengjøres ved hjelp av en børste eller kost. Avtrekksventiler rengjøres for støv og lo ved vanlig husvask.

Utsiden av kanalnettet bør sjekkes en gang i året for å avdekke skader. Lekkasje i avtrekkskanaler etter vifte kan være uheldig. På et kaldt loft kan fuktigheten i den varme avtrekksluften kondensere og komme ned i konstruksjonen.

Luftskiftet i boliger kan bedres ved å forbedre det mekaniske avtrekket, dersom det samtidig settes inn nye tilluftsventiler. Det er da svært viktig at disse tilluftsventilene står åpne. Det er viktig å være klar over at dersom avtrekket forbedres og tilluftsventiler blir stående lukket, kan undertrykket som skapes i verste fall øke konsentrasjonen av radon i bygningen.

### **6.4.4 Balansert ventilasjon**

Ved høyere konsentrasjoner bør man generelt vurdere å installere et balansert ventilasjonsanlegg for å redusere radonkonsentrasjonen. Det er forholdsvis dyrt å installere et balansert system, men et slikt anlegg vil i tillegg til å redusere radonkonsentrasjonen bidra til et godt innklima. Man har også muligheten til å få en energigevinst ved å gjenvinne varmen fra avtrekksluften. En varmegjenvinner overfører varmen i avtrekksluften til tilluften og bidrar dermed til å redusere energibehovet for oppvarming.

Om et balansert ventilasjonsanlegg vil redusere radonkonsentrasjonen tilstrekkelig, avhenger imidlertid av både hvor høy konsentrasjonen av radon er, og hvor god ventilasjonen i huset er i utgangspunktet. Se punkt 6.2.2.

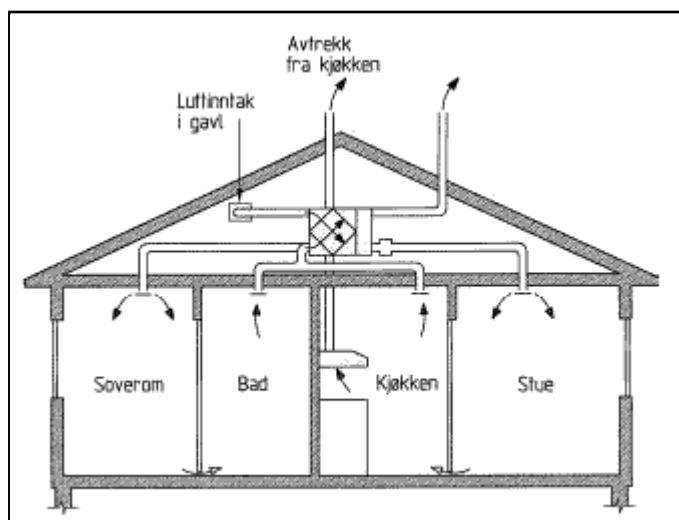
For høyere konsentrasjoner vil balansert ventilasjon kunne redusere konsentrasjonen av radon betraktelig, men sannsynligvis ikke helt ned til ønsket nivå. En må imidlertid også vurdere de andre fordelene et slikt anlegg gir.

Et balansert ventilasjonsanlegg krever en del plass, både for aggregat og kanalføring.

I hus med loft kan aggregatene plasseres på loftet, forutsatt lett atkomst og tilgjengelighet for service og vedlikehold av aggregatet. På kalde loft må aggregat og kanaler isoleres godt for å redusere varmetapet og unngå snøsmelting på taket. Den beste løsningen er å bygge inn aggregatet i et isolert rom på det kalde loftet. Det er viktig at det sikres god lufting på loftet også etter installering av et ventilasjonsanlegg. Eventuelt kondensvann-avløp skal frostsikres.

I hus med kjeller kan aggregatet plasseres i et kjellerrom. Det medfører som oftest lengre kanalføring og dyrere anlegg. På den annen side blir atkomsten lett og vedlikeholdet enkelt.

Aggregatet kan også plasseres på boligens bruksplan enten i et eget rom (kott) eller over komfyren på kjøkkenet, sammenbyggt med kjøkkenheten. Denne siste løsningen stiller store krav til støydemping. Det finnes også skapmodeller som kan plasseres f.eks. på vaskerom e.l. Byggforsk anbefaler generelt plassering av aggregat i oppvarmede rom.



**Figur 6-8** Ved høyere konsentrasjoner bør man generelt vurdere å installere et balansert ventilasjonsanlegg for å redusere radonkonsentrasjonen

## 6.5 Trykkendring over konstruksjonene mot grunnen

### 6.5.1 Generelt

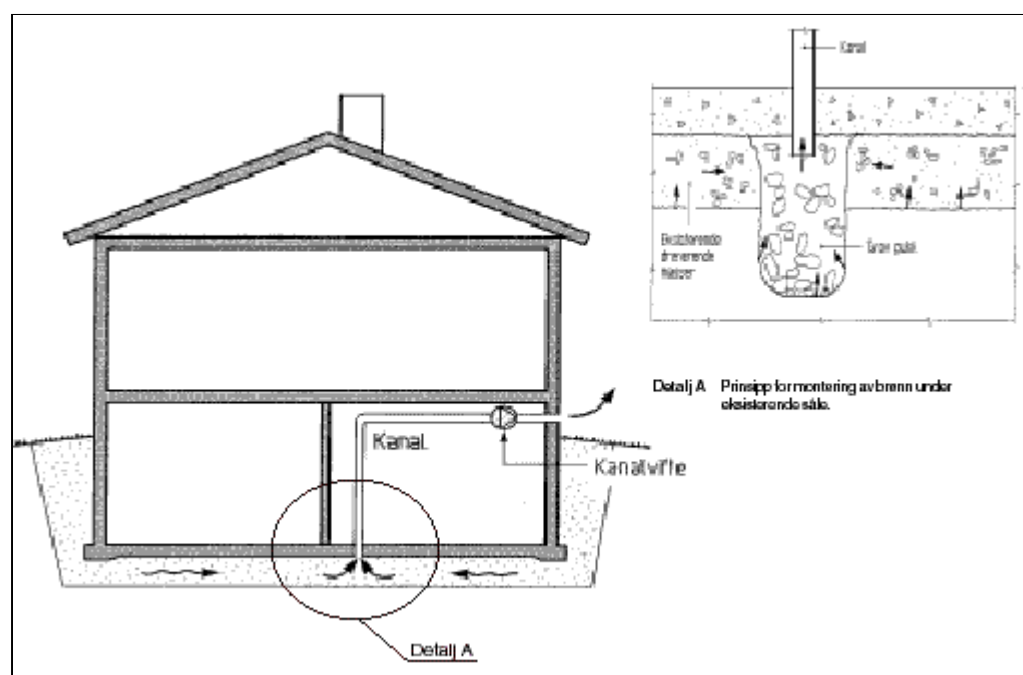
For å få transport av radon inn i en bygning ved konveksjon, må det i tillegg til utettheter, være et lavere trykk på innsiden enn på utsiden av konstruksjonene mot

grunnen (dvs. innvendig undertrykk). En slik trykkforskjell oppstår gjerne som følge av termiske drivkrefter (skorsteinseffekten), vind eller mekanisk avtrekksventilasjon. Selv svært små trykkforskjeller kan ha stor innvirkning på innendørs radonkonsentrasjoner. Radonbrønn er et tiltak som tar sikte på å endre disse trykkforholdene. Dersom grunnforholdene ligger til rette for installering av en radonbrønn, er dette et tiltak som med stor sannsynlighet vil redusere radonkonsentrasjonen til et akseptabelt nivå. Radonbrønn er et tiltak som er avhengig av at det er gjennomtrengelige masser som f.eks. pukk og stein under huset og inntil grunnmuren, samtidig som overflaten på tomten må være tett.

En annen metode er ved hjelp av ventilasjonsanlegg å tilføre mer luft enn det trekkes av, for på denne måten å skape et innvendig overtrykk i bygningen. Mange bygninger vil imidlertid være for utette til at tilstrekkelig overtrykk kan etableres. Her må man også vurdere faren for kondensproblemer, se punkt 7.6.

### 6.5.2 Innvendig radonbrønn

Innvendig radonbrønn er aktuelt f.eks. der tomte er vanskelig tilgjengelig for graving. Den forutsetter at man har rom i kjelleren hvor det kan stå en vifte, og at man kan ta hull gjennom golvet. Det er viktig at kanalen på trykksiden av viften er helt tett, slik at jordluft ikke kan komme ut i huset. Innvendig radonbrønn brukes vanligvis for å skape et undertrykk under huset gjennom flere åpninger i golvet, se figur 6-9.



**Figur 6-9** Innvendig radonbrønn

Antall hull og kapasiteten til viften må være tilpasset hvor gjennomtrengelig grunnen er. Hvis massene under huset er lite gjennomtrengelige, bør man erstatte mest mulig av massene rundt kanalinntakene med grov pukk eller løs lettklinker.

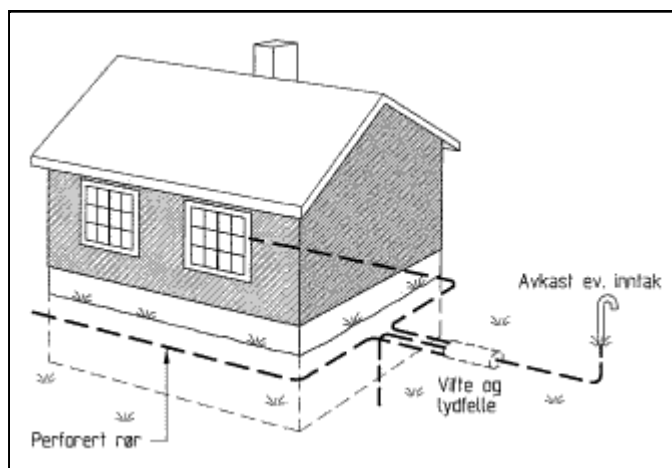
Det kan da være nødvendig med mange rør for å skape undertrykk under hele golvet. Slike rør kan f.eks. plasseres nær innvendige skillevegger. Overflaten på tomten bør være relativt tett.

Viften bør plasseres så nær avkastventilen som mulig for å holde mesteparten av kanalen i huset i undertrykk. Dette minimaliserer sjanser for lekkasjer av radonholdig brønnluft fra kanalen. Avkast fra viften skal helst føres over tak. Der dette ikke er praktisk bør avkastet være minst 2 meter fra nærmeste dør, vindu eller friskluftinntak for å forhindre at radonholdig avkastluft trekkes inn i huset.

I de fleste tilfeller ville en vifte som suger luft fra under huset gi best effekt, med mindre grunnen under bygningen er svært gjennomtrengelig. Da kan det være bedre å blåse ren luft inn under huset. Ved å tilføre luft vil man kunne danne en radonfri «pute» rundt kon-struksjonene mot grunnen. Det bør derfor være mulig å snu viften, slik at man kan tilføre luft til grunnen dersom undertrykk ikke reduserer radonkonsentrasjonen til et akseptabelt nivå, før man eventuelt prøver en større vifte eller flere avsug.

### 6.5.3 Utvendig radonbrønn

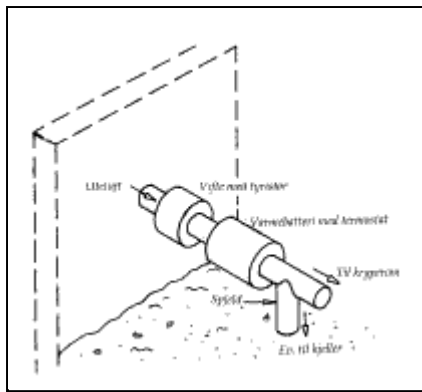
Der man ikke har anledning til å ta hull i kjellergolvet eller trekke kanaler innvendig, kan en utvendig radonbrønn brukes. En utvendig radonbrønn kan utføres på flere måter. Ett prinsipp er at det graves ned perforerte rør (med den perforerte delen vendt nedover) på utsiden av hele eller deler av grunnmuren. En vifte kobles til for å skape et undertrykk i grunnen rundt og under huset ved å trekke luft fra grunnen, eller for å tilføre radonfri luft på utsiden av grunnmuren. Fra den andre siden av viften føres det et tett rør bort fra bygningen. Dette skal forhindre støyp problemer og føre eventuell luft med høy radonkonsentrasjon bort fra bygningen. Viften kan graves ned på utsiden av huset, eller plasseres et annet egnet sted. Det finnes egnede radonbrønner på markedet.



**Figur 6-10** Utvendig radonbrønn

### 6.5.4 Trykksetting av kryperom/kjeller

I hus som har kryperom eller uinnredet kjeller som er adskilt fra resten av huset med f.eks. en mest mulig tett dør, kan et mulig tiltak være å etablere et overtrykk i kjelleren/kryperommet ved hjelp av en vifte.



**Figur 6-11** Trykksetting av kryperom/kjeller

Ved å etablere et overtrykk i kryperom/kjeller vil man ikke få strømming av radongass opp fra grunnen. Når man innstiller vifte og varmebatteri, må man ta hensyn til ev. frostsikring av vannrør og fundamenter. Andre ventiler til kryperommet/kjelleren må stenges.

Overtrykk i kjelleren/kryperommet vil hindre radonholdig luft i å trenge inn i huset. En slik løsning forutsetter imidlertid at man ikke senere lager en åpen løsning mellom kjeller og 1. etasje. Hvor effektiv denne løsningen vil være, avhenger av tettheten av ytterkonstruksjonene og etasjeskilleren.

Det er viktig å vurdere faren for frostskafer på vannrør og fundamenter, og det kan være nødvendig å blåse inn forvarmet luft for å unngå slike problemer.

## 6.6 Tiltak mot radon fra bygningsmaterialer

Det beste tiltaket for å redusere radonkonsentrasjonen når kilden er bygningsmaterialer, er å fjerne disse materialene. Er ikke dette mulig, bør man øke luftvekslingen. Et annet alternativ, dersom konstruksjonene er fuktsikret, er å overflatebehandle materialer som avgir radongass med en diffusjonstett maling. Golv kan f.eks. påføres et støpbart plastbelegg. Ventilerte luftspalter er også et egnet tiltak, se Byggforvaltning 701.706.

## 6.7 Tiltak mot radon fra husholdningsvann

Det er flere måter å redusere radoninnholdet i vann. Ingen av dem kan fjerne radoninnholdet i vannet helt, men enkelte løsninger har vist en reduksjonseffekt på over 95 %. Aktuelle metoder er lufting, lagring og filtrering. Disse metodene kan også kombineres. Man bør be om dokumentasjon på renseanleggene og vurdere tiltaket i forhold til behov og kostnad.

En av de mest effektive måtene å redusere radoninnholdet i større mengder vann på, er å blande inn vanlig ren uteluft som er mest mulig fri for radon. Det kan gjøres ved ulike former for gjennombløsing, spredning eller overrisling. Metoden foregår ved normalt lufttrykk og krever derfor en ekstra pumpe og trykktank for å få vannet inn på bygningens ledningsnett. Effektiviteten av systemet avhenger av luftinnblandingemetoden og sprededysene. Man får best effekt ved lufting i flere trinn. Utluftningen fra systemet må føres ut i det fri, ikke til inneluften.



---

## 7 Forebyggende tiltak ved nybygging

### 7.1 Generelt

Bygningsmessig utførelse skal ifølge teknisk forskrift til plan- og bygningsloven forhindre at mennesker som oppholder seg i et byggverk eksponeres for radonkonsentrasjoner i inneluften som kan gi forhøyet risiko for helseskader. Veiledningen slår fast at årsgjennomsnittet av radonkonsentrasjon i rom ikke bør overstige  $200 \text{ Bq/m}^3$  inneluft.

De tiltakene som omhandles, gir hver for seg god beskyttelse mot radon. Ved høye konsentrasjoner i grunnen (for eksempel mer enn  $100\,000 \text{ Bq/m}^3$  i jordluften), eller dersom det er målt konsentrasjoner i nærliggende bygninger som ligger langt over tiltaksnivået for eksisterende bygninger, har man imidlertid ingen garanti for at de enkelte tiltakene alene sikrer at radonkonsentrasjonen i inneluften i nybygg kommer under fastsatt tiltaksnivå på  $200 \text{ Bq/m}^3$ . Man bør da velge en kombinasjon av flere tiltak.

Tiltakene er omtalt i Byggedetaljer 520.706 «Radon. Bygningstekniske tiltak».

### 7.2 Valg av forebyggende tiltak

Statistisk vet vi at det er i størrelsesorden 10 % sannsynlighet for at man i en bolig vil få radonkonsentrasjoner over tiltaksgrensen. Byggegrunnsundersøkelser vil i de fleste tilfeller være dyre å utføre og gi svært usikkert grunnlag for å vurdere den aktuelle radonrisikoen. *Hovedregelen bør derfor være å utføre forebyggende tiltak ved alle boligbyggeprosjekter.*

Utover det som går på materialvalg, fundamentering og generell utførelse av grunnkonstruksjoner, bør det velges minst ett av følgende supplerende tiltak:

- Tilrettelegging for trykkendring/ ventilering av grunnen
- Radonsperre i grunn, i golvkonstruksjon eller innvendig
- Balansert ventilasjon

Det pågår for tiden forskning på området, men med dagens viten ser det ut til at tilrettelegging for trykkendring/ ventilering av grunnen er et svært kostnadseffektivt tiltak. Det er enkelt å utføre og krever få komponenter/ materialer. Sannsynligheten for tilstrekkelig virkning er også stor. Flere husbyggefirmaer er allerede i ferd med å innføre dette enten som standard eller valgfritt tilbehør. Dette tiltaket er beskrevet under punkt 7.4. Det finnes også løsninger med radonsperre som kombinert med fuktspærre kan være kostnadseffektive. Se punkt 7.5.

For å hindre at radonholdig jordluft skal komme inn i bygningen, er det viktig at konstruksjonen mot grunnen er tett og fri for sprekker. Man må være bevisst ved valg av fundamenteringsmetode, og man bør unngå metoder som lett kan gi ujevne setninger. Se Byggedetaljer 511.101 «Byggegrunn og terreng».

Ved f.eks. å velge en løsning med golv mot grunn som er støpt i ett med vegger satt oppå, minsker man risikoen for at jordluft kan trenge opp gjennom støpeskjøten mellom golv og vegger. Løsning med lettklinker på såleblokk bør kun velges i kombinasjon med radonsperre, gruppe C, se kap. 7.5.2.

### 7.3.2 Golvkonstruksjon

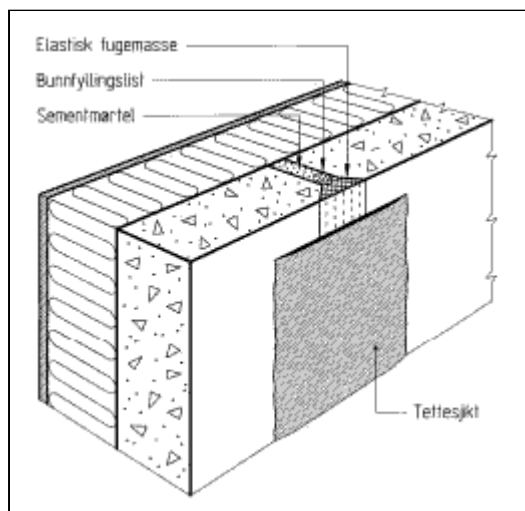
Betonggolv på grunnen er den tradisjonelle byggemetoden. Den er relativt tett mot inntrenging av jordluft, forutsatt at tilslutninger, støpeskjøter og gjennomføringer er tettet forsvarlig. På sikt kan imidlertid konstruksjonen få riss og sprekker som reduserer lufttettheten. Man kan redusere slik sprekkdannelse ved å bruke svinnarmering i golv-konstruksjonen. Lette golvkonstruksjoner (uten betongplate på grunnen) gir større risiko for inntrenging av radon enn støpt golv.

### 7.3.3 Kjelleryttervegger

Kjelleryttervegger av betongelementer og plasstøpt betong av god kvalitet gir relativt liten inntrenging av radon, forutsatt at støpeskjøter og fuger utføres tett. På sikt kan imidlertid konstruksjonene få riss og sprekker som reduserer lufttettheten.

Kjelleryttervegger av lettklinker eller andre luftåpne materialer gir større risiko for at radonholdig jordluft kan trenge gjennom konstruksjonene og inn i bygningen enn hva som er tilfelle med betongvegger. Selv om materialene blir forseglet med puss eller annen behandling også på toppen av grunnmuren, er det alltid en risiko for at disse tettesjiktene punkteres eller sprekker slik at den tettende effekten blir redusert.

Dersom man velger slike luftåpne materialer, er det derfor svært viktig at man bruker riktige produkter til overflatebehandling og at utførelsen er nøyaktig.

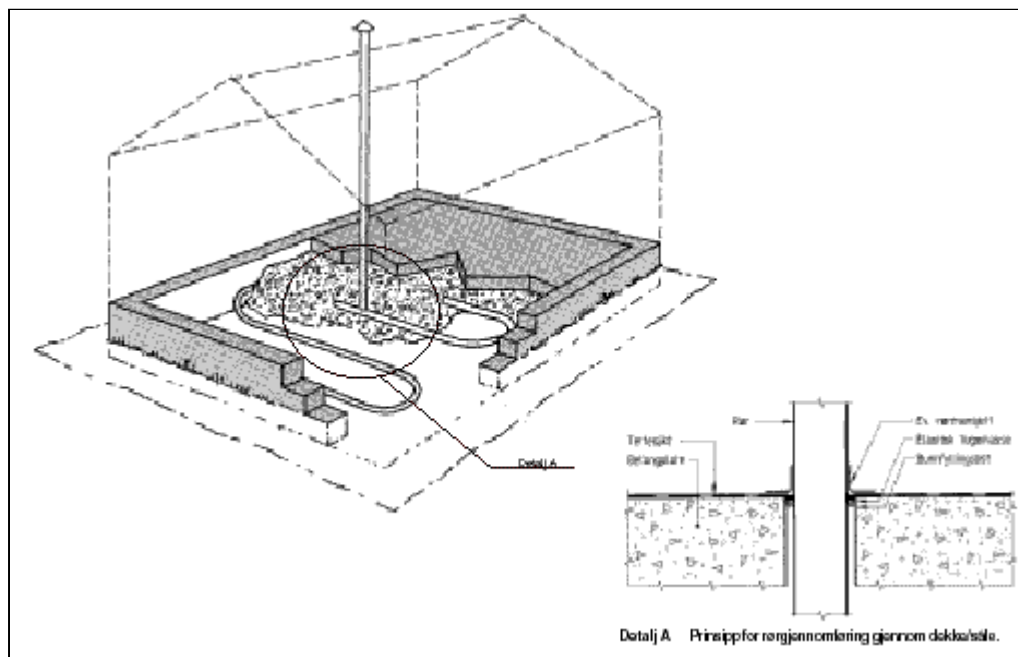


**Figur 7-1** Tetting av kjelleryttervegg

### 7.3.4 Gjennomføringer

For at en konstruksjon skal kunne forhindre inntrenging av radon, må alle tilslutninger mellom bygningsdelene og rundt gjennomføringer være lufttette. Rør gjennom støpte konstruksjoner kan f.eks. utstyres med tettelister av alkalibestandig materiale på den delen som skal støpes inn. Utsparinger i betongen for rørgjennomføringer fylles med bunnfyllingslist og fugemasse, se fig 7-2.

Tetninger av gjennomføringer for vann- og avløpsrør må tåle en viss bevegelse av røret, det må derfor benyttes et elastisk tettemateriale. Ved rørgjennomføringer i tettesjikt bør det i tillegg tettes med mansjetter. Noen produkter har egne løsninger for gjennomføringer, sluk etc.



**Figur 7-2** Rørgjennomføring i betongplate

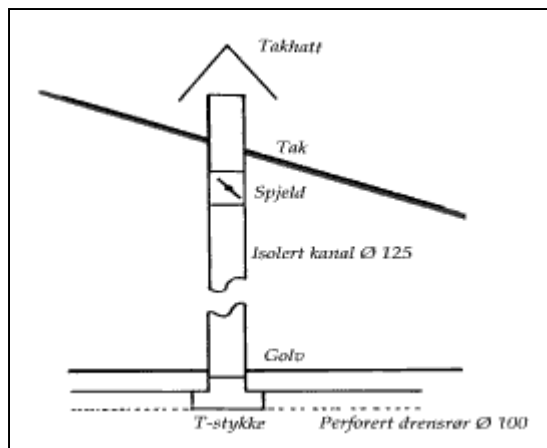
#### **7.4 Trykkendring/ventilering av byggegrunnen**

Trykkendring eller ventilering av byggegrunnen har vist seg å være et effektivt tiltak mot radon i bygninger. Tiltaket kan virke på to ulike måter:

- Trykket i grunnen under og rundt bygningen kan reduseres slik at radonholdig jordluft ikke kan strømme gjennom konstruksjonen.
- Alternativt kan tiltaket redusere radonkonsentrasjonen under bygningen ved at jordluften ventileres og radonholdig jordluft transporteres bort.

Om man lykkes i å skape en trykkforskjell mellom jordluften og inneluften, eller om tiltaket virker ved å ventilere byggegrunnen, er avhengig av luftgjennomtrengeligheten i byggegrunnen. Det er vanskelig å avgjøre dette på forhånd.

Figur 7-3 viser prinsipiell utførelse av tiltaket og hvilke komponenter som anbefales brukt.



**Figur 7-3** Prinsipp for utførelse av tiltak

100 mm perforerte drenerør legges ut i pukklaget under golvet med perforeringen vendt ned, omtrent midt i tverrsnittet av pukklaget. Drenerørene legges i en symmetrisk form under hele golvflaten. Rørene kan for eksempel legges i slynger (S-form) med ca. 2 m avstand mellom slyngene. De tettes i hver ende med lokk og bør ikke ligge nærmere ytterveggene enn ca. 0,5 m. I telefarlig grunn bør rørene ligge 1,0 – 1,5 m fra ytterveggene for å sikre konstruksjonene mot tele.

Røret skjøtes så nær midten av lengden som mulig med et T-stykke, og en tett kanal føres over tak. Kanalen bør isoleres av hensyn til fare for kondensering på utvendig overflate der den føres gjennom oppvarmet bygning og innvendig kondensering der den føres gjennom kalde deler av bygningen, for eksempel på loft. Det må senere være mulig å koble til en vifte dersom det viser seg at den naturlige oppdriften med kanal over tak ikke gir tilstrekkelig reduksjon av radonkonsentrasjonen.

Det er viktig at det tettes godt rundt gjennomføringene i golvet. Tiltaket er enkelt og relativt billig å utføre ved nybygging. Det kan ev. kombineres med bruk av radonsperre der det er høye konsentrasjoner i grunnen.

Dersom det legges en radonsperre i grunnen under konstruksjonen, er det mest praktisk å legge de perforerte rørene på oversiden av radonsperren. Man unngår da gjennomføringer gjennom radonsperren og unngår også ekstra oppfyllingshøyde under bygningen. Ulempen er at man kan komme i konflikt med andre kabler og føringer på oversiden av radonsperren. Dette må tilpasses ved legging. Ved å legge de perforerte rørene på oversiden av radonsperren har man også mulighet for å snu luftstrømmen dersom avsuget ikke viser seg å være tilstrekkelig effektivt. Når luft blåses ned under konstruksjonen, vil man kunne få en radonfri pute under konstruksjonen. Dette prinsippet er nærmere beskrevet i forbindelse med utvendig radonbrønn i Byggforvaltning 701.706. Der hvor det ikke er praktisk å legge rørene på oversiden av radonsperren, kan man legge dem under denne. For å få en tilfredsstillende virkning er det da viktig at det tettes godt rundt gjennomføringene i radonsperren.

## 7.5 Bruk av radonsperre

### 7.5.1 Generelt

Etter en tid kan det oppstå små sprekker og utettheter i ellers tette konstruksjoner. For å unngå at radonholdig jordluft trenger inn gjennom slike utettheter, bør man legge inn en radonsperre i golvkonstruksjonen. Denne kan da legges som erstatning for den tradisjonelle fuktsperren.

Radonsperrer kan ha ulike kjemiske sammensetninger. Den viktigste egenskapen i en radonsperre er at selve materialet og alle overganger og detaljer må være lufttette. Alle skjøter må sveises eller klebes med spesielle klebebånd. I tillegg bør materialet ha god diffusjonsmotstand mot radon og styrke- og aldringsegenskaper som sikrer luft- og diffusjonstetthet over tid. Se for øvrig oversikt over produkter med NBI Teknisk Godkjenning.

Det er svært viktig at det tettes godt rundt alle gjennomføringer og ved tilslutninger. Dersom det ikke legges påstøp på sperresjiktet, er det viktig at radonsperren er luktsvak.

En radonsperre som eneste tiltak vil ikke være en garanti for å sikre at radoninnholdet i inneluften i alle tilfeller kommer under anbefalt tiltaksnivå. En kombinasjon med andre tiltak, f.eks. ventilering av byggegrunnen, kan være nødvendig ved særlig høye radon-konsentrasjoner i grunnen.

### **7.5.2 Alternative plasseringer av radonsperrer**

En radonsperre kan plasseres ulike steder i konstruksjonen som vist i prinsippskissen. Radonsperrer får ulike mekaniske og klimatiske påkjenninger alt etter hvor de plasseres. De godkjennes derfor i ulike bruksgrupper.

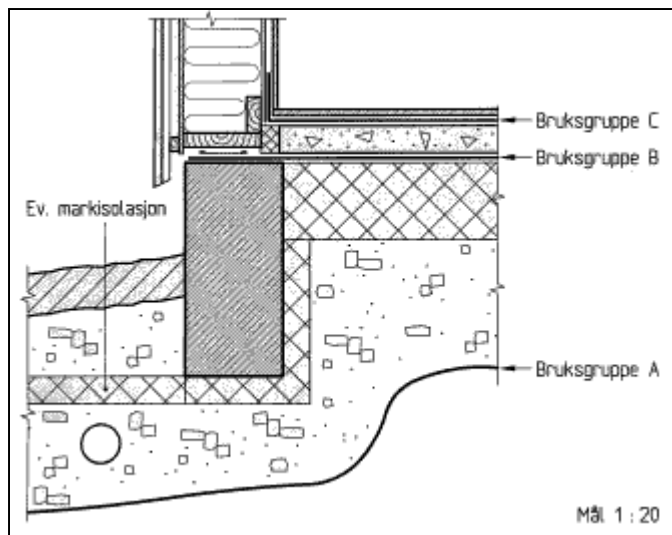
*Bruksgruppe A.* Dersom radonsperren legges i grunnen (bruksgruppe A), kan man unngå at den punkteres av gjennomføringer, og golvkonstruksjonen for øvrig kan utføres på tradisjonell måte. Sperresjiktet kan imidlertid utsettes for store påkjenninger i grunnen. Radonsperren bør strekkes minst 1 – 2 m utenfor fundamentene for at radonholdig jordluft ikke skal kunne strømme rundt radonsperrens kanter og inn under konstruksjonen. Det oppstår dermed et behov for et relativt stort areal med radonsperre med denne løsningen.

*Bruksgruppe B.* Dersom membranen legges i golvkonstruksjonen (bruksgruppe B eller C), har man bedre kontroll med legging og slitasje. Det blir også enklere å reparere ev. utettheter under byggeprosessen. I bruksgruppe B forutsettes det at radonsperren er lagt på et plant underlag av isolasjon, og på en måte som gjør at den ikke er fastlåst eller kan bli revet i stykker ved mindre bevegelser.

*Bruksgruppe C.* Her forutsettes det at radonsperren er lagt på et stabilt og plant underlag, f.eks. avrettet betong. Man forutsetter at produktet ikke er fastlåst. Ofte er det naturlig å legge denne radonsperren etter at råbygget er på plass, da har man bedre kontroll både med underlaget og klimaet under leggingen.

Man bør her sørge for en lufttetting som legges under bunnsvillen og klemmes mot dampsperran.

For detaljløsninger i forbindelse med ulike konstruksjonstyper, se Byggedetaljer 520.706 «Radon. Bygningstekniske tiltak».

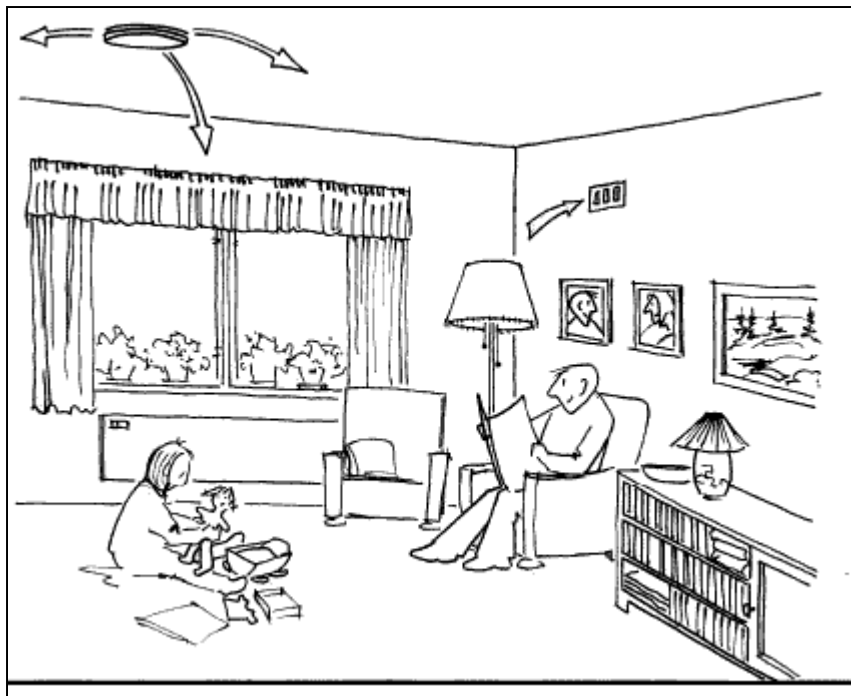


**Figur 7-4** Prinsippskisse av alternative plasseringer av radonsperrer

## 7.6 Ventilasjonstekniske tiltak

God ventilasjon i bygningen er viktig for å redusere radoninnholdet i inneluften. Når det bygges nye hus bør man vurdere å installere balansert ventilasjonsanlegg. Et slikt ventilasjonsanlegg gir godt inneklima, forutsatt riktig drift av anlegget. Man kan da få en energigevinst ved å gjenvinne varmen fra avtrekksluften. Radonkonsentrasjonen reduseres ved at radoninnholdet i luften tynnes ut.

Den største andelen av radongassen transporteres inn i huset ved luftlekkasjer pga. trykkforskjellen mellom inneluften og jordluften i byggegrunnen. Dersom radonkonsentrasjonen skulle vise seg å ligge over tiltaksnivået etter at et balansert ventilasjonsanlegg er satt i drift, kan man vurdere å få fagfolk til å innregulere anlegget slik at man tilfører en noe større luftmengde enn man trekker av. Dette reduserer undertrykket nederst i bygningen. Man må imidlertid vurdere de bygningsmessige ulempene som kan oppstå ved at de øverste delene av huset får et større overtrykk. Det er viktig at damp- og vindsperrer er lufttette. Dette kan kreve spesielle løsninger for tetting av skjøter, f.eks. sveising eller klebing med klebemasse. Man må kartlegge og utbedre eventuelle utettheter i sperresjiktene før et anlegg ev. innreguleres med et svakt overtrykk. Et overtrykk i bygningen i forhold til trykket ute kan presse inneluft utover i ytterkonstruksjonene ved ev. utettheter i sperresjiktene. Varm luft kan holde på mer fuktighet enn kald luft. Vanndampen i luften kan derfor kondensere i konstruksjonene når luften avkjøles. Risikoen for slike skader er størst i taket fordi overtrykket er høyest oppunder himlingen, og fordi takkonstruksjoner nesten alltid har en del detaljer der det kreves stor nøyaktighet å oppnå tilfredsstillende tette sperresjikt. Har man mistanke om at konstruksjonen kan være ømtålig for fuktskader, bør et balansert ventilasjonsanlegg innreguleres til å være i balanse.



**Figur 7-5** God ventilasjon i bygningen er viktig for å redusere radoninnholdet i inneluften.

### 7.7 Evaluering av tiltak

Etter at huset er tatt i bruk, bør radonkonsentrasjonen i inneluften måles. Dersom denne konsentrasjonen er høyere enn tiltaksnivået på  $200 \text{ Bq/m}^3$  i årsmiddel, bør man sette i verk ytterligere tiltak.

Sporfilmmetoden er best egnet. Metoden går ut på at en sporfilmkopp plasseres i de rommene man ønsker å måle, fortrinnsvis sove- og oppholdsrom. Eksponering skjer vanligvis i to \_ tre måneder fra midten av oktober til midten av april. Etter eksponering sendes sporfilmkoppen til laboratoriet for analyse. For å få utført sporfilmmålinger, kan man kontakte teknisk etat eller helseetaten i kommunen, som skal ha oversikt over målefirmaer. Statens strålevern gir ut en liste over firmaer som tilbyr slike måletjenester. Tiltak som kan være aktuelle dersom radonkonsentrasjonen i inneluften er høyere enn tiltaksnivået er beskrevet i kap. 6.

Ved kartlegging av større byggefelt bør man måle med sporfiler innendørs så fort de første husene er ferdige. Da kan man relativt tidlig få et inntrykk av hvor høy risikoen er, og hvilke tiltak som ev. trengs i resten av feltet.