

# Kartlegging av radon i Nord-Aurdal kommune



**RaMAP**



Statens  
strålevern

# Kartlegging av radon i Nord-Aurdal kommune

## **RaMAP**

Vinteren 2003 ble det gjennomført en kartlegging av radon i inneluft i Nord-Aurdal kommune, i forbindelse med den landsomfattende undersøkelsen *RaMAP*. En andel på 8 % av kommunens husstander deltok i kartleggingen. Resultatene viser at nærmere 1 av 3 av disse boligene har en radonkonsentrasjon høyere enn anbefalt tiltaksnivå på 200 Bq/m<sup>3</sup> luft, og gjennomsnittlig årsmiddelverdi av radonkonsentrasjon er beregnet til 223 Bq/m<sup>3</sup>. 3 % av måleverdiene (7 målinger) er over 1000 Bq/m<sup>3</sup>. Nord-Aurdal klassifiseres som en kommune med et omfattende radonproblem, og det er stor sannsynlighet for å finne forhøyde radonkonsentrasjoner i hele kommunen. Det anbefales å gjøre oppfølgende målinger i alle boliger i kommunen som har leilighet eller oppholdsrom i 1. etasje eller kjeller.

*Ane Jerstad  
Camilla Lunder Jensen  
Gro Beate Ramberg  
Line Ruden  
Katrine Ånestad  
Terje Strand*

Kontaktperson i Nord-Aurdal  
kommune:  
*Christian Rieber-Mohn*

# 1. INNLEDNING

## 1.1 Om radon

Radon ( $^{222}\text{Rn}$ ) er et radioaktivt stoff som dannes naturlig ved desintegrasjon av radium ( $^{226}\text{Ra}$ ), og som finnes i varierende mengder i berggrunn og jordsmonn. Radon er en edelgass, og har derfor liten evne til å danne kjemiske bindinger med andre stoffer. Radon frigjøres lett til jordluft, og ved utettheter i boligkonstruksjonen mot bakken kan gassen oppkonsentreres i inneluft. Radon brytes videre ned til de radioaktive isotopene av polonium, bly og vismut, som med et fellesnavn kalles radondøtre. Hvis radongass er tilstede i lufta dannes radondøtre kontinuerlig, og det er disse som gir stråledoser til lungene ved innånding.

Tiltaksnivå for radon i inneluft er  $200 \text{ Bq/m}^3$ . I boliger med radonkonsentrasjon (årsmiddelverdi) mellom  $200$  og  $400 \text{ Bq/m}^3$  bør enkle og billige tiltak gjennomføres. Hvis konsentrasjonen overstiger  $400 \text{ Bq/m}^3$  bør mottiltak gjennomføres selv om det kan bli både omfattende og kostbart. Norge er et av landene i verden med høyest radonkonsentrasjon i inneluft. På bakgrunn av landsomfattende kartlegginger er det anslått at ca. 175 000 husstander har en radonkonsentrasjon i inneluft som er høyere enn anbefalt tiltaksgrense på  $200 \text{ Bq/m}^3$ . Det er videre anslått at radonkonsentrasjonen i ca. 60 000 husstander ligger over  $400 \text{ Bq/m}^3$ . Gjennomsnittelig radonkonsentrasjon i norske boliger er  $88 \text{ Bq/m}^3$ .

Epidemiologiske undersøkelser har vist at opphold over flere år i innemiljøer med høye radonkonsentrasjoner gir økt risiko for utvikling av lungekreft. Grunnlaget for vurderingen av risiko ved radoneksponering er vesentlig styrket ved at resultatene av en fellesanalyse basert på de 13 største case-control studiene av radon og lungekreft i Europa ble publisert

(januar 2005). Analysen omfatter ca. 7000 lungekrefttilfeller og dobbelt så mange kontrollpersoner. Resultatene bekrefter de anslag av risiko som tidligere er gitt av blant annet Verdens helseorganisasjon (WHO) og Den internasjonale stråleverniskommisjon (ICRP). De risikoanslag som er gitt tyder på at radon i boliger er medvirkende årsak til ca. 14 % av alle nye lungekrefttilfeller i Norge. Dette ligger i øvre område av tidligere anslag (5-15 %). Studien viser også at risikoen ved radoneksponering er størst for røykere.

Mer informasjon om radon finnes på Strålevernets radonsider  
<http://radon.nrpa.no>.

## 1.2 Bakgrunn for prosjektet

I 1998 vedtok Stortinget Nasjonal kreftplan. Planen innebar blant annet at arbeidet med radon skulle trappes opp. En tilskuddsordning for gjennomføring av tiltak mot radon i norske privatboliger ble etablert, og det ble avsatt 60 millioner kroner over en fireårsperiode for å støtte gjennomføring av radontiltak. I perioden fra ordningen trådte i kraft (sommeren 1999) fram til sommeren 2000 ble det behandlet svært få søknader i forhold til de midler som var avsatt. For at tilskuddsordningen skulle kunne fungere etter intensjonene var det nødvendig å øke oppslutningen. Det ble derfor omdisponert midler til gjennomføring av målrettede kartlegginger for å identifisere boliger med radonkonsentrasjon over tiltaksnivå, informasjonsrettede tiltak for å gjøre tilskuddsordningen bedre kjent, samt radonkurs for byggebransjen og kommunale saksbehandlere.

Kartleggingsprosjektet *Radon 2000/2001* startet opp i 2000 og omfattet radonmålinger i ca. 30 000 boliger i 114 kommuner (Strålevernrapport 2001:6). Utvalget var tilfeldig, og utgjorde ca. 2-10 % av boligmassen i den enkelte kommune.

Ytterligere 44 kommuner gjennomførte kartlegging av radon vinteren 2002-2003 gjennom kartleggingsprosjektet *RaMAP* (Strålevernrapport 2003:9). Det ble foretatt måling av radon i ca. 8 500 boliger. Utvelgelsen av kommuner ble gjort på bakgrunn av tilgjengelige målinger i boliger, skoler/barnehager, yrkesbygg, samt målinger av radon i vann fra grunnvannskilder. I forbindelse med prosjektet ble det utviklet en mer effektiv metode for å finne fram til boliger med høye radonkonsentrasjoner i inneluft, hvor det i tillegg til tidligere målinger i området også ble tatt hensyn til befolkningstetthet og geologi.

## 2. GJENNOMFØRING

De neste avsnittene omhandler prosjektet *RaMAP* og kartleggingen av radon i Nord-Aurdal kommune.

### 2.1 Deltagere

#### Utvelgelse av kommuner

Av de ca. 270 kommunene, som frem til sommeren 2002 ikke hadde oversikt over problemomfang av radon i inneluft, ble i første omgang de 50 antatt mest utsatte kommunene valgt ut for deltagelse i prosjektet. I tillegg ble det tatt et reserveutvalg på 20 kommuner for å dekke opp for kommuner som ikke ville delta. Ved utvelgelse og rangering av kommuner ble det tatt utgangspunkt i tidligere målinger av radon i inneluft og husholdningsvann. De viktigste kriteriene var:

- Nærhet til kommuner hvor det ble påvist høye radonkonsentrasjoner i forbindelse med kartlegginger av radon i inneluft i perioden 1992-99 og prosjektet Radon 2000/2001.
- Gjennomsnitts- og maksimalverdier av radon i inneluft i den landsomfattende undersøkelsen i 1987-89.

- Andel målinger over tiltaksnivå i 79 kommuner som deltok i radon-kartlegging i 1984-86.
- Målinger over tiltaksnivå i forbindelse med kartlegging av radon i barnehager og skoler i perioden 1986-98.
- Andel målinger over tiltaksnivå (500 Bq/l) og maksimalverdier ved kartleggingen av radon i vann fra grunnvannskilder i perioden 1996-99.

Ved utvelgelse av kommunene ble det i mindre grad tatt hensyn til geologiske forhold. Tilgjengelig informasjon om geologi ble imidlertid benyttet for rangering av kommunene med hensyn til problemomfang. Kommunene ble rangert på to forskjellige måter:

- Rangering på bakgrunn av tidligere kartlegginger av radon i inneluft og husholdningsvann.
- Rangering på bakgrunn av berggrunnsgeologi og kvartærgeologi, kombinert med erfaringer fra tidligere undersøkelser av berggrunn med hensyn på radonrisiko.

Detaljer om rangeringen er gitt i egen rapport (Strand og Valen, 2003).

I alt 64 kommuner fikk tilbud om deltagelse i prosjektet, hvorav 44 kommuner svarte positivt.

#### Utvelgelse av boliger

For hver kommune ble det utarbeidet en individuell utvalgsstrategi. Målebehov ble fastsatt på bakgrunn av opplysninger om areal og befolkningsstørrelse. Måletettheten ble redusert noe i de tettest befolkede områdene, til fordel for områder med spredt bebyggelse. Tilsvarende ble områder med radiumholdige bergarter, bl.a. alunskifer og uranrike granitter, prioritert. Måletettheten ble også økt i områder med permeable løsmasser, hvor

transport av radonholdig jordluft fra store grunnvolum kan forekomme (Strand og Valen, 2003). Utvalgskriteriene for Nord-Aurdal kommune er beskrevet i Vedlegg 4.

### 2.2 Utførelse

De utvalgte kommunene ble kontaktet med forespørsel om deltagelse. En kontaktperson fra hver kommune fikk detaljert innføring i hvordan prosjektet skulle gjennomføres, og den enkelte kommune valgte ut boliger etter en beskrivelse utarbeidet spesielt for hver kommune. Utvalgte boliginnehavere fikk tilsendt brev med forespørsel om deltagelse i prosjektet. CR-39 sporfilm og veiledning (Strålevernhefte 3) ble sendt til deltagerne. Det ble gjennomført måling av radon med kun én sporfilm i hver bolig, selv om det normalt anbefales måling i minst to oppholdsrom i boligen. I prosjektet var det midler til ca. 8500 målinger, og det ble vurdert at én måling i hver bolig ville gi en bedre oversikt enn to målinger i halvparten så mange boliger. Måling ble gjennomført i et daglig benyttet oppholdsrom (stue eller soverom), fortrinnsvis i laveste etasje. Sporfilmen ble returnert til sporfilmlaboratoriet ved Statens strålevern/Gammadata i Sverige for analyse etter ca. to måneder, sammen med utfylt registreringsskjema med opplysninger om bygningstekniske forhold og bruk av bolig (Vedlegg 2). I etterkant fikk hver boliginnehaver tilsendt rapport med måleresultat for egen bolig. Hver måleverdi ble korrigert til årsmiddelverdi etter prosedyre beskrevet i Strålevernhefte 3. Målt verdi i vintersesongen ble multiplisert med en faktor 0,75. Kommunen fikk tilsendt samlerapport med oversikt over alle resultatene i kommunen.

Etter at målingene var avsluttet ble kommunene invitert til et orienteringsmøte på Strålevernet, hvor det også deltok representanter fra Norges byggforskningsinstitutt og Husbanken. Det ble gitt en generell orientering om tolkning av måleresultater, gjennomføring av

tekniske utbedringstiltak og tilskudds-/låneordninger i forbindelse med gjennomføring av tiltak.

Kommuner med én eller flere enkeltverdier over 2000 Bq/m<sup>3</sup> og/eller med mer enn 20 % av resultatene over anbefalt tiltaksnivå, fikk bistand til oppfølgende arbeid. Dette innebar bl.a. møte med kommunen og tilbud om befaringer i boliger med verdier over 2000 Bq/m<sup>3</sup>. Formålet med befaringene var å informere om radon og helserisiko, om prosessen i forbindelse med tiltak, om tilskuddsordningen, etc. Flere kommuner arrangerte folkemøter med orientering om resultater og informasjon om utbedringstiltak, samt planer for videre oppfølging i kommunen.

### 2.3 Utarbeidelse av kart

Alle norske boliger er identifisert med et unikt sett av gårds-, bruks- og bygningsnummer. Statens strålevern har utarbeidet radonkart for kommuner som har oppgitt de tre numrene for boliger der måling er foretatt. På basis av numrene er et sett GIS-koordinater gitt, og koordinatene kobles sammen med radonverdien for den enkelte bolig. Det foreligger to typer kart – områdekart og punktkart.

Områdekart utarbeides ved bruk av en forenklet metode. Kommunen deles inn i et rutenett der størrelsen på rutene varierer fra 0,5 km til 5 km avhengig av boligtetthet. Andel måleverdier over 200 Bq/m<sup>3</sup> beregnes for hver rute, og ruten defineres i henhold til dette. Statens strålevern definerer områder der mer enn 20 % av målingene overstiger 200 Bq/m<sup>3</sup> radon i luft som områder med høy sannsynlighet for forhøyde radonverdier (Strålevernhefte 17). Områder der mellom 5 % og 20 % av målingene viser radonkonsentrasjon over 200 Bq/m<sup>3</sup>, eller det er påvist enkelte verdier over 400 Bq/m<sup>3</sup>, defineres som områder med middels høy sannsynlighet for forhøyde radonverdier. Områder der

mindre enn 5 % av målingene viser mer enn 200 Bq/m<sup>3</sup>, og ingen målinger er over 400 Bq/m<sup>3</sup>, er områder med lav sannsynlighet for forhøyde radonverdier (Strålevernhefte 17). På kartene illustreres områdene som henholdsvis røde, gule og grønne områder. Prosedyren for å lage områdekart er et kompromiss mellom behovet for et tilstrekkelig antall måleresultater i et område, og faren med å karakterisere risiko i områder med få eller ingen målinger. Minimum antall målinger nødvendig for å definere et område er satt til 5 og 20 for henholdsvis røde og gule/grønne områder. Kartet beskriver sannsynlighet for at en bolig i et gitt område har forhøyet radonkonsentrasjon

På punktkartene er hver bolig hvor det er foretatt en radonmåling avmerket som et punkt, som har en fargekode avhengig av radonkonsentrasjonen.

Kartene er utarbeidet på grunnlag av radonmålinger utført i forbindelse med RaMAP. Det er ikke tatt hensyn til geologi, bygningstekniske opplysninger eller andre måleresultater.

### 3. RESULTATER

Totalt ble det gjennomført måling i ca. 8 500 boliger fordelt på 44 kommuner. Resultatene viser at 18 % og 7 % av måleresultatene ligger over tiltaksnivåene på henholdsvis 200 Bq/m<sup>3</sup> og 400 Bq/m<sup>3</sup>. En oversikt over resultatene i de 44 kommunene er gitt i Tabell 3, Vedlegg 1.

I dette avsnittet presenteres resultatene i Nord-Aurdal kommune. Kartleggingen ble gjennomført i samarbeid med kommunens kontaktperson Christian Rieber-Mohn.

Strategien for utvalg av boliger er beskrevet i Vedlegg 4.

#### 3.1 Måleresultater

Målingene i Nord-Aurdal kommune ble gjennomført i perioden fra midten av januar til midten av mars i 2003. De følgende beregninger, diskusjoner og konklusjoner er foretatt ut fra resultater for sporfilmer returnert innen tidsfristen. Dette utgjør 234 av totalt 240 utsendte sporfilmer.

Gjennomsnittlig årsmiddelverdi av radon er beregnet til 223 Bq/m<sup>3</sup>. Resultatene viser at 32 % av boligene har en radonkonsentrasjon høyere enn 200 Bq/m<sup>3</sup>, mens 14 % av boligene ligger over 400 Bq/m<sup>3</sup>. Syv boliger i Nord-Aurdal kommune ligger over 1000 Bq/m<sup>3</sup>, og i én bolig ble det målt en radonverdi over 2000 Bq/m<sup>3</sup>. Statens strålevern behandler radonkonsentrasjoner over 2000 Bq/m<sup>3</sup> som svært høye verdier. Det er tatt hensyn til geologi og befolkningstetthet ved utvalg av boliger, og måleresultatene er derfor ikke sammenlignbare med resultater fra kartlegginger der utvalget av boliger har vært tilfeldig.

**Tabell 1:** Resultater i forbindelse med prosjektet RaMAP for Nord-Aurdal kommune.\*

Gjennomsnittlig årsmiddelverdi	223 Bq/m <sup>3</sup>
Andel målinger med radonverdi mellom 200-400 Bq/m <sup>3</sup>	18 %
Andel målinger med radonverdi over 400 Bq/m <sup>3</sup>	14 %
Høyeste verdi	2200 Bq/m <sup>3</sup>
Antall målinger	234
Målt andel av boligmassen	8 %

\*) Resultatene er ikke sammenlignbare med resultater fra kartlegginger der utvalget av boliger er tilfeldig.

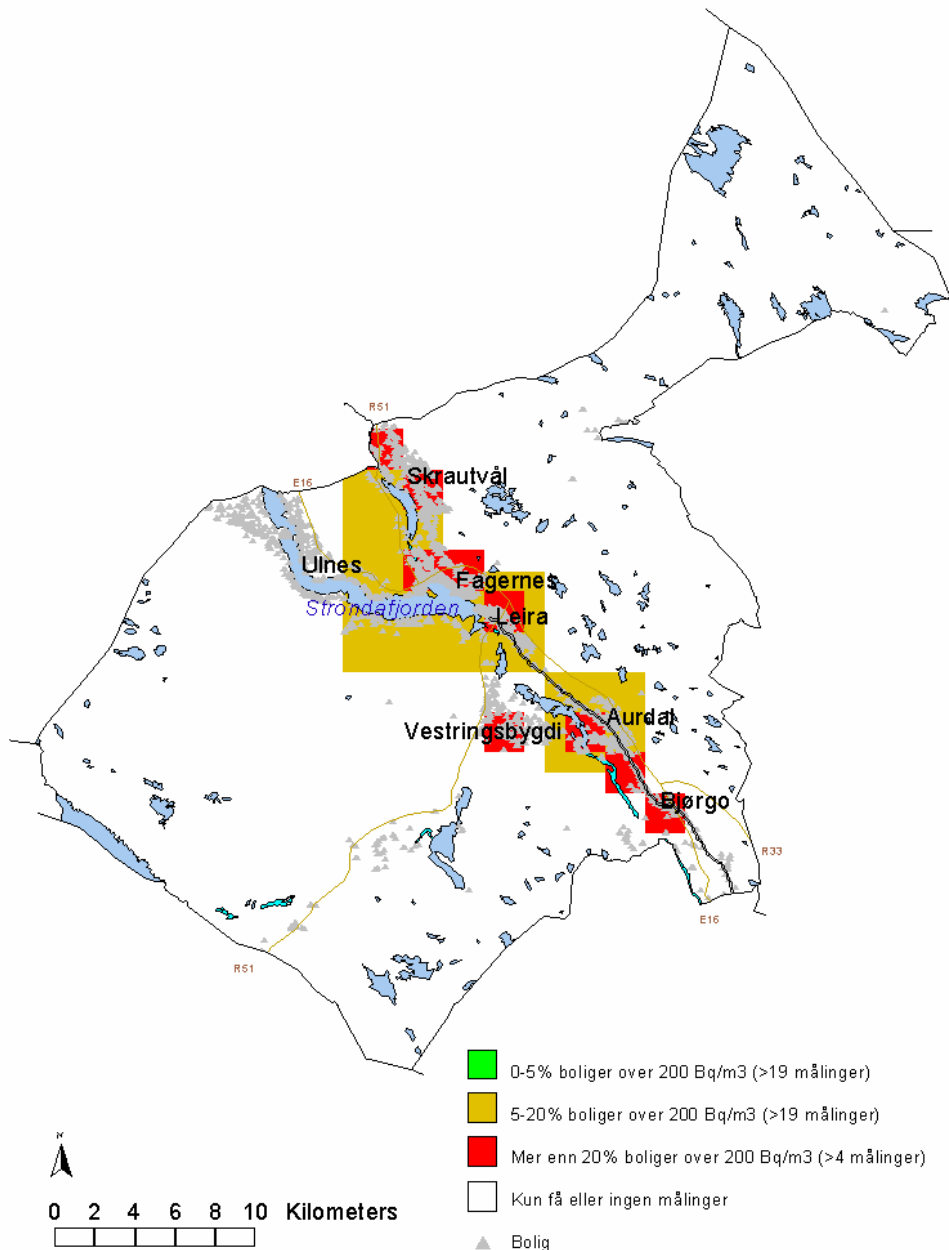
#### 3.2 Radonkart

For å få en bedre oversikt over hvordan måleresultatene fordeler seg i kommunen er det utarbeidet to typer radonkart – punktkart og områdekart. Punktkartet er

## Kartlegging av radon i Nord-Aurdal kommune

anbefalt kun til bruk internt i kommunen, og er ikke trykket i rapporten da det kan være mulig å identifisere de enkelte boligene. Områdekartet gir grunnlag for å anslå sannsynligheten for at en bolig innenfor et gitt område har forhøyet radonkonsentrasjon. Figur 1 viser områdekart for Nord-Aurdal kommune. Størrelsen på rutene er 2000 x 2000 m<sup>2</sup> og 5000 x 5000 m<sup>2</sup> for henholdsvis røde og gule områder.

Områdene rundt Skrautvål, Fagernes, Leira, Vestringsbygdi, Aurdal og Bjørgo har stor sannsynlighet for forhøyde radonkonsentrasjoner (røde områder). I øvrige deler av kommunen der sannsynlighet for høye radonverdier er definert, er det middels stor sannsynlighet for forhøyde radonkonsentrasjoner (gule områder). Det er imidlertid målt høye verdier alle steder i kommunen, men i noen områder er ikke antall målinger tilstrekkelig til å definere sannsynlighet for høye radonverdier.



**Figur 1:** Områdekart for Nord-Aurdal kommune, basert på målinger i forbindelse med prosjektet RaMAP. Kartet er utarbeidet på grunnlag av 228 målinger.

### 3.3 Bygningstekniske opplysninger

Tidligere undersøkelser viser at boligtype, byggeår, kjellertype, grunnmur, vannforsyning og måleetasje er parametere som har betydning for radonkonsentrasjonen i en bolig. Bygningstekniske opplysninger og radonverdier for boliger i Nord-Aurdal kommune er gitt i Tabell 2.

Ikke alle boliginnehavere har fylt ut alle punkter i registreringsskjemaet (Vedlegg 2), og det vil følgelig være enkelte mangler og varierende antall tilbakemeldinger innenfor de forskjellige kategoriene. I tillegg vil tabellen også kunne inneholde data fra sporfilmer som kom inn etter at beregningene i Tabell 1 ble foretatt.

Bygningstekniske opplysninger og radonverdier for samtlige boliger i RaMAP (8500) er gitt i Tabell 4, Vedlegg 3.

**Tabell 2:** Bygningstekniske opplysninger (hentet fra boliginnehavernes registreringsskjemaer) og radonverdier, Nord-Aurdal kommune.

Kategori	Beskrivelse	Antall	Årsmiddelverdi (Bq/m <sup>3</sup> )	Andel målinger mellom 200-400 Bq/m <sup>3</sup> (%)	Andel målinger over 400 Bq/m <sup>3</sup> (%)
Byggeår	eldre enn 1960	59	234	15	17
	f.o.m. 1960 til 1970	34	218	21	15
	f.o.m. 1970 til 1980	54	290	9	20
	f.o.m. 1980 til 1990	60	180	28	5
	f.o.m. 1990 til 2000	18	146	11	11
	f.o.m. 2000 og nyere	2	390	50	50
Boligtype	Enebolig	225	215	18	12
	Rekkehus/vertikal tomannsbolig	4	573	0	75
	Horisontal tomannsbolig	3	340	67	33
	Blokkleilighet	0	0	0	0
	Terrasseleilighet	0	0	0	0
	Annen boligtype	1	190	0	0
Kjellertype	Ingen kjeller	20	239	15	25
	Kryprom	8	273	0	25
	Kjeller under deler av huset	56	237	21	16
	Kjeller under hele huset	143	216	18	11
Grunnmur	Mur av lettklinker	42	186	21	10
	Støpt grunnmur	147	233	17	16
	Naturstein	10	184	10	10
	Annen grunnmur	3	107	33	0
Måleetasje	Kjeller/sokkeletasje	60	321	27	20
	1. etasje	149	177	15	9
	2. etasje	0	0	0	0
	Høyere enn 2. etasje	0	0	0	0
Vannforsyning	Fra vannverk	122	215	21	13
	Overflatevann	49	239	16	14
	Privat borebrønn	60	224	12	15



## 4. DISKUSJON

I forbindelse med prosjektet ble det utviklet en metode for utvelgelse av boliger der det ble tatt hensyn til befolkningstetthet og geologi. Resultatene viser at 18 % og 7 % av boligene i de 44 kommunene i RaMAP (totalt ca. 8500 boliger) har radonverdi høyere enn henholdsvis 200 Bq/m<sup>3</sup> og 400 Bq/m<sup>3</sup>. Denne andelen er dobbelt så høy som for landet som helhet. Det å ta hensyn til befolkningstetthet og geologi ved utvelgelse av boliger, medførte at flere boliger med høy radonverdi ble identifisert, og metoden viste seg dermed å være effektiv.

Gjennomsnittlig radonkonsentrasjon i Nord-Aurdal kommune er 223 Bq/m<sup>3</sup>, og ligger godt over landsgjennomsnittet på 88 Bq/m<sup>3</sup>. Andel målinger over anbefalt tiltaksnivå på 200 Bq/m<sup>3</sup> for kommunen ligger på 32 %, mens tilsvarende tall på landsbasis er 9 %. Tallene kan imidlertid ikke sammenliknes direkte, da det er tatt hensyn til geologi og befolkningstetthet ved utvalg av boliger i kommunen. 14 % av måleverdiene i kommunen overstiger 400 Bq/m<sup>3</sup>, mens 3 % (7 boliger) også ligger over 1000 Bq/m<sup>3</sup>. Resultatene, sammen med områdekart (Figur 1) og punktkart, tyder på at Nord-Aurdal kommune har et omfattende radonproblem.

### 4.1 Radonkart

Skrautvål, Fagernes, Leira, Vestringsbygdi, Aurdal og Bjørgo er områder med stor sannsynlighet for forhøyde radonkonsentrasjoner, da over 20 % av målingene overstiger 200 Bq/m<sup>3</sup>. I de øvrige deler av kommunen der sannsynlighet for høye radonverdier er definert, er det middels stor sannsynlighet for forhøyde radonkonsentrasjoner. Det er også målt flere verdier over tiltaksgrensen i de delene av kommunen der antall målinger ikke er tilstrekkelig til at sannsynlighet for høye

radonkonsentrasjoner kan anslås, deriblant tre radonverdier over 1000 Bq/m<sup>3</sup>.

I utvalgsstrategien for Nord-Aurdal kommune (Vedlegg 4) er to områder markert, de tettbebygde områdene i Fagernes og et område ved Vestringsbygdi. På grunnlag av informasjon om geologi ble det antatt at områdene var mer utsatt med hensyn på radon enn andre. Resultatene tyder på at det er en stor sannsynlighet for forhøyde radonverdier i disse områdene, på lik linje med resten av kommunen.

### 4.2 Bygningstekniske opplysninger

Det er kjent fra tidligere undersøkelser at forhøyet konsentrasjon av radon kan ha sammenheng med bygningstekniske forhold. Bygningstekniske opplysninger og radonverdi for alle boliger i RaMAP, totalt ca 8500, er gitt i Tabell 3, Vedlegg 4. Tabellen viser at måleetasje er det eneste bygningstekniske forhold hvor det er en klar sammenheng. Gjennomsnittlig årsmiddelverdi for radonkonsentrasjonen er høyest i laveste etasje og avtar jo høyere opp i etasjene målingen er foretatt. 29 % av målingene foretatt i kjeller ligger over 200 Bq/m<sup>3</sup>, mens tilsvarende tall for 1. etasje er 14 % (Tabell 4, Vedlegg 3). Dette er i samsvar med erfaringer fra tidligere prosjekter (SIS-rapport 1991:3).

Kommunen anbefales å sammenlikne bygningsdata for boliger med høy kontra lav radonkonsentrasjon for å finne eventuelle fellestrekk mellom boliger med høy radonkonsentrasjon. For kommuner med få boliger innenfor hver bygningsteknisk kategori vil feilaktige og/eller mangelfulle opplysninger kunne få stor betydning. Interessante avvik kan enten bli forsterket eller visket ut, og kan gi et uriktig bilde av sammenhengen mellom radonkonsentrasjon og bygningstekniske kriterier.

### 4.3 Geologi

Byggegrunnen regnes som den viktigste kilden til forhøyet konsentrasjon av radon i boliger, sammen med byggeskikk og bygningsteknikk. Områder med radiumrike bergarter (f.eks. alunskifer, granitter og pegmatitter) og/eller permeable løsmasser (breeelv- eller elveavsetninger) er de mest radonutsatte (Sundal et al 2004).

Kommunen anbefales derfor å sammenstille måledata fra denne rapporten med tilgjengelig geologisk informasjon.

## 5. KONKLUSJON

Gjennomsnittlig årsmiddelverdi av radon for Nord-Aurdal kommune er beregnet til  $223 \text{ Bq/m}^3$ , og 1 av 3 boliger har radonverdi høyere enn anbefalt tiltaksnivå på  $200 \text{ Bq/m}^3$ . Nord-Aurdal kommune har et omfattende radonproblem.

Det er tatt hensyn til geologi og befolkningstetthet ved utvalg av boliger, og måleresultatene er derfor ikke direkte sammenlignbare med kartlegginger der utvalget av boliger har vært tilfeldig.

Områder der mer enn 20 % av målingene overstiger  $200 \text{ Bq/m}^3$  radon i luft defineres som områder med høy sannsynlighet for forhøyde radonverdier (Strålevernhefte 17). I slike områder anbefaler Strålevernet gjennomføring av oppfølgende målinger i alle boliger som har leilighet eller oppholdsrom i 1. etasje eller underetasje. Kommunen bør også vurdere å gjennomføre målinger i laveste etasje i yrkesbygg, skoler, barnehager og andre offentlige/kommunale bygg.

Områder der mellom 5 % og 20 % av målingene viser radonkonsentrasjon over  $200 \text{ Bq/m}^3$ , eller det er påvist enkelte verdier over  $400 \text{ Bq/m}^3$ , defineres som områder med middels høy sannsynlighet for forhøyde radonverdier. I slike områder bør det generelt gjøres oppfølgende målinger i utvalgte boliger (Strålevernhefte

17). I Nord-Aurdal kommune er det imidlertid lite hensiktsmessig å skille områder med middels høy sannsynlighet for et radonproblem fra områder med høy sannsynlighet. Årsaken til dette er at det er boliger med radonverdi høyere enn  $200 \text{ Bq/m}^3$  relativt jevnt fordelt, og det er identifisert boliger med radonnivå høyere enn  $1000 \text{ Bq/m}^3$  mange steder i kommunen. Strålevernet anbefaler derfor oppfølgende målinger i alle boliger i hele kommunen som har leilighet eller oppholdsrom i 1. etasje eller underetasje.

Områder der mindre enn 5 % av målingene viser mer enn  $200 \text{ Bq/m}^3$ , og ingen målinger er over  $400 \text{ Bq/m}^3$ , defineres som områder med lav sannsynlighet for forhøyde radonverdier (Strålevernhefte 17). Oppfølging kan i slike områder begrenses til generell informasjon og veiledning. Ingen områder i Nord-Aurdal er definert med lav sannsynlighet for høye radonkonsentrasjoner.

Generelt anbefales det å gjennomføre forebyggende tiltak mot radon ved nybygg, spesielt i områder med stor og middels stor sannsynlighet for radonkonsentrasjoner høyere enn  $200 \text{ Bq/m}^3$ .

## REFERANSER

Darby S med flere: *Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies*, BMJ International, <http://bmj.bmjjournal.com>, bmj 2005;330:223 (29 January).

Jensen CL, Strand T, Ramberg G, Ruden L, Ånestad K, *The Norwegian Radon Mapping and Remediation Program*, Proc. 11<sup>th</sup>. Int. cong. of the int.rad.prot.association, Madrid, Spain 23.-28. May 2004.

Lind B, Strand T, *Radon in tap water from drilled wells in Norway*, Proceedings; International symposium on radon and radon reduction technology, Minneapolis, 1992. Washington DC.: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, 1992.

Strand T, Green BMR, Lomas PR, Magnus K, Stranden E, *Radon i norske boliger*, Statens inst. for strålehygiene, Rapport 1991:3, 35 s.

Strand T, Green BMR, Lomas PR, *Radon in Norwegian dwellings*, Radiat Prot Dosim 45(1/4), s. 503-508, 1992.

Strand T, Heiberg A, Thommesen G, *Radon concentrations in the 1998 Norwegian housing stock*, Proc. Radon in the Living Environm, Athen, Hellas, 19.-23.april, 1999.

Strand T og Valen V, *Kartlegging av radon i boliger 2002/2003 – RaMap. Delrapport i forbindelse med utvelgelse av kommuner og utarbeidelse av kartleggingsstrategi*, Sørlandskonsult, 2003, 49 s.

Strand T, Lunder Jensen C, Ramberg G B, Ruden L, Ånestad K. *Kartlegging av radon i 44 kommuner 2003. Kort presentasjon av resultatene*. StrålevernRapport 2003.

Strand T, Ånestad K, Ruden L, Ramberg GB, Jensen CL, Wiig AH, Thommesen G, *Kartlegging av radon i 114 kommuner. Kort presentasjon*. StrålevernRapport 2001:6, 14 s.

Stranden E, *Radon-222 in Norwegian dwellings*, Proc. Radon and Its Decay Products – Occurrence, Properties and Health Effects, New York, 13. – 18. april, 1986, American Chemical Society, symposium series 331, Washington DC, 1987.

Stranden E, Strand T, *Radon in an alum-shale rich Norwegian area*, Radiat.Prot.Dosim 24(1/4), s. 367-370, 1988.

Strålevernhefte 3, *Måling av radon i inneluft og undersøkelser av byggegrunn*, Statens strålevern, november 1996, 16 s.

Strålevernhefte 5, *Anbefalte tiltaksnivåer for radon i bo- og arbeidsmiljø*, Statens strålevern, oktober 1998, 10 s.

Strålevernhefte 9, *Radon i inneluft – helserisiko, målinger og mottiltak*, Statens strålevern, februar 1996, 24 s.

Strålevernhefte 17, *Kartlegging av radon i boliger*, Statens strålevern, oktober 1998, 18 s.

Sundal AV, Henriksen H, Soldal O, Strand T, *The influence of geological factors on indoor radon concentrations in Norway*, Science of the Total Environment 328, s. 41-53, 2004.

## Vedlegg 1

**Tabell 3:** Kartlegging av radon i 44 kommuner, resultater fra det landsomfattende kartleggingsprosjektet RaMAP. \*

Kommune-nummer	Kommune	Folketall 01.01.03	Antall boliger målt	Gjennomsnitt (Bq/m <sup>3</sup> )	Andel mellom 200 - 400 Bq/m <sup>3</sup>	Andel over 400 Bq/m <sup>3</sup>	Høyeste verdi Bq/m <sup>3</sup>
0214	Ås	14 227	313	96	9 %	1 %	520
0233	Nittedal	19 300	349	165	18 %	9 %	1500
0239	Hurdal	2 664	126	158	15 %	6 %	1300
0402	Kongsvinger	17 348	309	124	6 %	3 %	6300
0423	Grue	5 395	146	48	3 %	1 %	500
0425	Åsnes	7 977	231	62	1 %	1 %	1000
0426	Våler	4 002	134	57	2 %	2 %	580
0430	Stor-Elvdal	2 888	231	70	3 %	4 %	2300
0514	Lom	2 481	158	109	10 %	4 %	900
0532	Jevnaker	6 299	217	75	4 %	1 %	560
0534	Gran	13 085	373	307	17 %	16 %	9800
0541	Etnedal	1 427	94	208	17 %	15 %	1400
0542	Nord-Aurdal	6 567	234	223	18 %	14 %	2200
0543	Vestre Slidre	2 282	122	176	25 %	7 %	800
0545	Vang	1 636	143	130	5 %	5 %	3540
0617	Gol	4 379	199	292	28 %	20 %	3100
0620	Hol	4 582	200	190	22 %	11 %	1500
0622	Krødsherad	2 213	104	82	5 %	1 %	470
0626	Lier	21 638	347	190	20 %	10 %	1800
0627	Røyken	16 941	215	219	18 %	14 %	1500
0711	Svelvik	6 436	181	154	10 %	7 %	1500
0713	Sande	7 554	230	146	13 %	6 %	2200
0728	Lardal	2 406	114	104	6 %	2 %	700
0829	Kviteseid	2 647	143	195	7 %	9 %	4300
0831	Fyresdal	1 310	106	179	14 %	12 %	1200
0834	Vinje	3 812	179	105	8 %	4 %	970
1032	Lyngdal	7 163	160	107	3 %	4 %	4290
1046	Sirdal	1 786	93	58	1 %	1 %	820
1129	Forsand	1 076	52	658	23 %	21 %	18000
1133	Hjelmeland	2 708	128	182	13 %	10 %	2900
1154	Vindafjord	4 776	135	76	5 %	2 %	540
1228	Odda	7 513	214	221	17 %	11 %	4120
1232	Eidfjord	915	92	544	26 %	37 %	4400
1238	Kvam	8 467	279	47	3 %	1 %	510
1421	Aurland	1 781	104	512	19 %	29 %	4600
1426	Luster	4 926	242	143	13 %	7 %	3070
1635	Rennebu	2 660	113	64	5 %	0 %	330
1664	Selbu	3 973	199	70	4 %	2 %	780
1736	Snåsa	2 312	204	150	15 %	5 %	5000
1738	Lierne	1 552	115	111	5 %	4 %	2200
1833	Rana	25 313	343	78	6 %	2 %	1100
1840	Saltdal	4 834	179	326	19 %	14 %	10000
1850	Tysfjord	2 241	121	70	3 %	3 %	1400
2012	Alta	17 359	406	89	6 %	4 %	1900

\*)Utvalget av boliger i denne kartleggingen er vektet i forhold til geologi og/eller befolkningstetthet, og måleresultatene er derfor ikke sammenlignbare med kartlegginger der utvalget av boliger er tilfeldig.

## Vedlegg 2

### VENNLIGST SKRIV MED BLOKKBOKSTAVER

1. Navn: \_\_\_\_\_

2. Adresse: \_\_\_\_\_

3. Postnummer: \_\_\_\_\_

4. Sted: \_\_\_\_\_

5. Gårdsnr: \_\_\_\_\_ 6. Bruksnr: \_\_\_\_\_

7. Bygningssnr: \_\_\_\_\_

8. Tlf. priv. \_\_\_\_\_ 9. Tlf. arb. \_\_\_\_\_

10. Kommune: \_\_\_\_\_

**MÅLESTED:** Sporfilmkode: \_\_\_\_\_

Startdato: \_\_\_\_\_ (dd/mm/åå)

Sluttdato: \_\_\_\_\_ (dd/mm/åå)

#### Type rom:

Stue/ dagligstue

Soverom

Annet: \_\_\_\_\_

#### Etasje:

Kjeller/sokkeletasje

1. etasje

2. etasje

Høyere

#### Daglig lufting i rommet under måleperioden:

ingen lufting

1-3 timer

6-12 timer

0-1 timer

3-6 timer

over 12 timer

#### 11. Ventilasjon i boligen:

Naturlig ventilasjon (avtrekkskanaler fra våtrommene over tak og lufterventiler i vinduer/yttervegger).

Mekanisk avtrekksventilasjon (vifte som trekker luften ut fra våtrommene med lufterventiler i vinduer/yttervegger)

Balansert mekanisk ventilasjon (vifte som trekker luften ut fra våtrom og vifte som blåser frisk luft inn i oppholdsrommene)

12. Fødselsår til alle personer som bor i boligen: \_\_\_\_\_

13. I hvilken etasje ligger boliginnehavers soverom?

14. Luftes dette soverommet om natten vinterstid?

Ja  Nei  Av og til

15. Er det soverom i laveste etasje som er bruk?

Ja  Nei

16. Totalt antall etasjer, inkludert kjeller/sokkel: \_\_\_\_\_

17. Hvis huset har kjeller, er det åpen løsning opp til 1. etasje?

Ja  Nei

18. I hvilken etasje ligger stue/dagligstue? \_\_\_\_\_

#### 19. Boligtype:

Frittliggende enebolig

Rekkehus eller vertikaldelt tomannsbolig

Horisontaldelt tomannsbolig

Blokkleilighet, etasje: \_\_\_\_\_

Terrasseleilighet, etasje: \_\_\_\_\_

Annen boligtype

20. Byggeår: \_\_\_\_\_

21. Hvilket år flyttet De inn i boligen? \_\_\_\_\_

22. Er det gjennomført etterisolering og/eller ombygging av boligen?

Ja, år: \_\_\_\_\_  Nei  Vet ikke

23. Benyttes ved- eller oljefyring som viktigste oppvarmingskilde?  Ja  Nei

24. Byggmateriale yttervegger - hovedetasje:

Tre

Mur/betong/teglstein

Lettklinkerblokker (f.eks. Leca)

Annet

25. Byggmateriale grunnmur - kjeller/sokkeletasje:

Lettklinkerblokker (f.eks. Leca)

Støpt grunnmur

Naturstein

Annet

26. Dersom lettklinkerblokker (f.eks. Leca) er benyttet: Er det noen vegger som ikke er pusset på både innsiden og utsiden?

Ja  Nei  Vet ikke

27. Kjellertype:

Ingen kjeller

Kjeller under deler av huset

Kryprom

Kjeller under hele huset

28. Hvor stor andel av ytterveggene i kjeller/sokkeletasje er under bakkenivå?

0  ¼  ½  ¾  Hele

29. Er det støpt gulv (betonggulv) i etasjen nærmest bakken?

Ja  Nei  Vet ikke

30. Er det tidligere gjennomført radonmålinger i boligen?

Ja  Nei  Vet ikke

31. Er det gjennomført tiltak mot radon i boligen?

Ja  Nei  Vet ikke

32. Er det blitt målt høye radonkonsentrasjoner i nabolaget?

Ja  Nei  Vet ikke

33. Vannforsyning:

Fra vannverk

Overflatevann (gravd brønn, elv, innsjø, cisterne)

Fra privat borebrønn (grunnvann)

**Vedlegg 3****Tabell 4: Bygningstekniske opplysninger (hentet fra boliginnhavernes registreringskjemaer) og radonverdier, for alle boliger i RaMAP.**

Kategori	Beskrivelse	Antall	Årsmiddelverdi (Bq/m <sup>3</sup> )	Andel målinger 200-399 Bq/m <sup>3</sup> (%)	Andel målinger ≥400 Bq/m <sup>3</sup> (%)
Byggeår	eldre enn 1960	2436	147	8	6
	f.o.m. 1960 til 1970	1069	141	9	7
	f.o.m. 1970 til 1980	1850	146	12	7
	f.o.m. 1980 til 1990	1780	173	14	8
	f.o.m. 1990 til 2000	732	166	14	8
	f.o.m. 2000 og nyere	194	166	13	8
Bolitgtype	Enebolig	8073	154	11	7
	Rekkehus/vertikal tomannsbolig	146	161	8	7
	Horisontal tomannsbolig	59	210	14	14
	Bløkkleilighet	11	59	0	0
	Terrasseleilighet	1	170	0	0
	Annen boligtype	50	107	4	4
Kjellertype	Ingen kjeller	863	158	13	7
	Kryprom	371	96	6	5
	Kjeller under deler av huset	1867	157	10	8
	Kjeller under hele huset	4783	159	12	7
Grunnmur	Mur av lettklinker	3230	154	12	7
	Støpt grunnmur	3329	153	10	7
	Naturstein	552	143	9	6
	Annen grunnmur	265	117	11	5
Måleetasje	Kjeller/sokkeletasje	1995	236	16	13
	1. etasje	5000	127	9	5
	2. etasje	176	124	8	4
	Høyere enn 2. etasje	4	50	0	0
Vannforsyning	Fra vannverk	5700	152	11	7
	Overflatevann	1129	152	9	8
	Privat borebrønn	1380	162	11	7

## Utvalgsstrategi for Nord-Aurdal kommune

Nord-Aurdal har 6.538 innbyggere, hvorav 52,1 % (3.341) er bosatt i tettstedene Fagernes (1.798), Leira (833) og Aurdal (710). Disse har en befolkningstetthet på hhv. 826, 718 og 656 pr. km<sup>2</sup>. Kommunen har en utstrekning på 908 km<sup>2</sup>. Det bør gjennomføres målinger i 220 boliger (av 2.847 – dvs. 7,7 %) i Nord-Aurdal. Det anbefales å redusere måletettheten noe i de tre tettstedene til hhv. 50, 25 og 25, mens 120 målinger (55 % av målingene) fordeles på resten av kommunen (49 % av befolkningen).

Deltagerandelen vil erfaringsmessig være ca. 2/3 av antallet som blir forespurt. Dette innebærer at det bør sendes ut forespørsel via brev til 50 % flere enn målebehovet. **Nord-Aurdal kommune bør derfor sende ut forespørsler til 80 tilfeldige boliginnhavere i tettstedet Fagernes, 40 i tettstedet Leira og 40 i tettstedet Aurdal. 180 forespørsler fordeles tilfeldig på de resterende delene av kommunen.**

I tillegg til dette er det gjort en vurdering av kommunens geologi, og det er funnet frem til områder som antas å være mer utsatt med hensyn på radonproblemer enn andre. Dette gjelder de tettbebygde områdene i Fagernes, samt området ved Vestringsbygdi (se rød markering på illustrasjonene). Kommunen anmodes derfor til å sørge for at minst 10 målinger gjennomføres i disse områdene, i de tilfellene der dette er mulig. (Dersom det tilfeldige utvalget gir flere målinger i disse områdene er dette bare en fordel.)

