

Radon i uteluft

Presentasjon av resultater fra radonmålinger i uteluft i seks utvalgte områder i Norge



Referanse:

Jensen CL, Sundal AV, Ånestad K. Radon i uteluft. Presentasjon av resultater fra radonmålinger i uteluft i seks utvalgte områder i Norge. StrålevernRapport 2006:20. Østerås: Statens strålevern, 2006.

Emneord:

Radon i uteluft, radonutsatte områder, sporfilmmetoden.

Resymé:

Det er gjennomført målinger av radon i uteluft i seks utvalgte områder i Norge. Målingene ble foretatt med sporfilmmetoden til alle årstider. Fire av de utvalgte områdene er radonutsatte: Fredrikstad, Røyken og Eidfjord kommune, samt Kinsarvik i Ullensvang kommune. Resultatene viste en årlig gjennomsnittlig radonkonsentrasjon i uteluft på henholdsvis 19, 34, 31 og 114 Bq/m³ for disse områdene. Den høyeste enkeltstående årsmiddelkonsentrasjonen ble registrert i Kinsarvik og viste 287 Bq/m³.

Reference:

Jensen CL, Sundal AV, Ånestad K. Radon concentrations in outdoor air. Presentation of results from radon measurements in outdoor air in six selected Norwegian areas. StrålevernRapport 2006:20. Østerås: Norwegian Radiation Protection Authority, 2006. Language: Norwegian.

Key words:

Radon in outdoor air, radon prone areas, alpha-track detector.

Abstract:

Measurements of radon concentrations in outdoor air were carried out in six selected Norwegian areas. The measurements were performed by etched track detectors (CR-39) at four seasons. Four of the selected areas are radon prone: Fredrikstad, Røyken, Eidfjord and Kinsarvik. Annual mean radon concentrations in outdoor air of 19, 34, 31 and 114 Bq/m³, respectively, were registered in these areas. The highest single annual mean radon concentration of 287 Bq/m³ was recorded in Kinsarvik.

Prosjektleder: Camilla Lunder Jensen

Godkjent:



Per Strand, avdelingsdirektør, Avdeling Beredskap og miljø.

22 sider.

Utgitt 2006-11-30.

Opplag 200 (06-11).

Form, omslag: Lobo Media AS, Oslo.

Trykk: Lobo Media AS, Oslo.

Bestilles fra:

Statens strålevern, Postboks 55, 1332 Østerås.

Telefon 67 16 25 00, telefax 67 14 74 07.

e-post: nrpa@nrpa.no

www.nrpa.no

ISSN 0804-4910

Radon i uteluft

Presentasjon av resultater fra radonmålinger i uteluft i seks utvalgte områder i Norge

Camilla Lunder Jensen

Aud Venke Sundal

Katrine Ånestad

Statens strålevern

Norwegian Radiation
Protection Authority
Østerås, 2006



Innhold

1	Innledning	5
1.1	Radon i uteluft	5
1.2	Bakgrunn	6
2	Metode og gjennomføring	6
2.1	Metode	6
2.2	Studieområder	8
2.2.1	<i>Fredrikstad</i>	8
2.2.2	<i>Røyken</i>	8
2.2.3	<i>Eidfjord</i>	9
2.2.4	<i>Ullensvang</i>	9
2.2.5	<i>Referansesteder</i>	11
3	Resultater og diskusjon	11
3.1	Årsverdier	11
3.2	Sesongvariasjoner	12
3.3	Variasjoner med høyde over bakkenivå	15
3.4	Bygningstekniske tiltak	15
4	Sammendrag og konklusjon	16
	Referanser	17
	Vedlegg	19



1 Innledning

Norge er blant landene i verden med høyest forekomst av radon i inneluft. Gjennomsnittlig radonkonsentrasjon er 89 Bq/m^3 . Det er beregnet at 175 000 boliger har radonverdi høyere enn anbefalt tiltaksnivå på 200 Bq/m^3 , det vil si at nesten en av ti nordmenn eksponeres for radonnivå høyere enn hva Statens strålevern anbefaler. Radon øker risikoen for lungekreft og er årsak til om lag 280 lungekrefttilfeller i Norge hvert år. Radonkonsentrasjonen i uteluft er vanligvis svært lav sammenliknet med konsentrasjonen i inneluft. [www.stralevernet.no]

Radon dannes ved nedbrytning av radium. Ved vurdering av grunnen med hensyn til radonrisiko er to forhold spesielt viktige: radiuminnhold og permeabilitet. Høye radiumkonsentrasjoner finnes særlig i bergarter som alunskifer, granitt og pegmatitt. Kalkstein, sandstein, skifer (med unntak av alunskifer) og gneis (med unntak av granittisk gneis) har generelt lave radiumkonsentrasjoner. Transport av radon opp til overflaten er hovedsakelig avhengig av permeabiliteten i grunnen. Masser med høy permeabilitet, som sand og grus, muliggjør effektiv transport av radongass fra et stort grunnvolum. I masser med lav permeabilitet, som silt og leire, vil radontransporten ta så lang tid at kun en liten del av radongassen som er frigitt til jordluft når overflaten.

De mest radonutsatte områdene i Norge finnes i områder med radiumrike bergarter og/eller i områder med permeable løsmasser som breelv- og elveavsetninger. I noen av de mest utsatte områdene har mer enn halvparten av alle boligene radonverdi over anbefalt tiltaksnivå.

Målinger av radon i boliger og i jordluft, samt informasjon om berggrunns- og kvartærgeologi (løsmassegeologi), viser at det er mange områder i Norge med høy radonrisiko. Det var av interesse å supplere kunnskapen til også å omfatte radonverdier i uteluft. Det ble derfor satt i gang et prosjekt med radonmålinger i uteluft i utvalgte områder. I denne rapporten blir resultatene presentert og diskutert, også i forhold til tilsvarende data fra andre land.

1.1 Radon i uteluft

Konsentrasjonen av radon i uteluft er bestemt av ekshalasjonshastigheten fra jorda og spredningen i atmosfæren. Begge forhold påvirkes av meteorologiske parametere.

Det er foretatt en rekke studier av radon i uteluft. Resultatene viser vanligvis radonkonsentrasjoner på rundt 10 Bq/m^3 , men med variasjoner fra 1 til over 100 Bq/m^3 [UNSCEAR, 1993/2000]. De laveste verdiene opptrer på øyer og i kystområder, de høyeste på steder med høy radonekshalasjon over store areal. Over hav og innsjøer er bidraget av radon til atmosfæren neglisjerbart.

Estimatene fra UNSCEAR er blant annet basert på en landsomfattende studie fra USA som gir en radonkonsentrasjon i uteluft på 15 Bq/m^3 [Hopper et.al., 1991] og fra en engelsk studie som viser at konsentrasjonen på landsbasis er 4 Bq/m^3 [Wrixon et.al., 1988]. Beregninger på bakgrunn av ekshalasjonsdata gir en gjennomsnittlig radonkonsentrasjon over landområder på 8 Bq/m^3 [NCRP, 1987], og også disse dataene ligger til grunn for estimatene fra UNSCEAR.

En nyere landsomfattende studie fra Japan viser at radonkonsentrasjonen i uteluft er $6,1 \text{ Bq/m}^3$ [Oikawa et.al. 2003].

I følge Verdens helseorganisasjon (WHO) varierer gjennomsnittlig radonkonsentrasjon i uteluft fra 5 til 15 Bq/m^3 , men både høyere og lavere verdier er observert [WHO 2005].

Radonkonsentrasjonen i uteluft kan variere med opp til en faktor 10 over et døgn [UNSCEAR, 1993/2000]. Ved soloppvarming på dagtid oppstår turbulens, noe som medfører at radon raskere transporteres oppover og vekk fra bakken. De høyeste radonverdiene opptrer derfor om natten og tidlig om morgenen. Det er også store sesongvariasjoner [UNSCEAR, 1993/2000].

1.2 Bakgrunn

I perioden 1996-1997 ble det gjennomført et radonprosjekt i Ullensvang kommune i Hardanger. Resultatene viste at kommunesenteret Kinsarvik var svært utsatt, der over 90 % av boligene på byggefeltet Huse hadde radonverdi høyere enn anbefalt tiltaksnivå på 200 Bq/m³. Gjennom prosjektet og i årene etter ble det gjennomført utbedringstiltak mot radon i mange av disse boligene. Det viste seg imidlertid at det var vanskelig å oppnå tilstrekkelig god effekt, og det ble derfor reist spørsmål om radon i uteluft kunne gi et bidrag til radon i boliger og om spesielle forhåndsregler måtte tas i forbindelse med gjennomføring av tiltak mot radon.

I 2003 ble det foretatt enkelte radonmålinger i uteluft nær en av de mest utsatte boligene. Verdiene viste seg å være en god del høyere enn det som var observert i studier fra andre land. For å se om dette var enkeltstående tilfeller grunnet lokale forhold på den aktuelle tomten, eller om tilsvarende høye verdier også kunne forekomme andre steder, ble det satt i gang et forprosjekt med radonmålinger i uteluft over hele byggefeltet. Målingene ble gjennomført i mars 2004. Resultatene bekreftet at radonkonsentrasjonen i uteluft var langt høyere enn observert i internasjonale studier.

På bakgrunn av resultatene ble det besluttet å utvide prosjektet ved å foreta radonmålinger i uteluft over flere årstider, ikke bare i Kinsarvik, men også i andre utvalgte områder.

2 Metode og gjennomføring

2.1 Metode

Radonmålingene ble gjennomført med sporfilmmetoden. Det ble benyttet sporfilmer av type CR-39 og filmene ble analysert ved Statens strålevern. Strålevernet deltar hvert år i internasjonale tester av passive radondetektorer og kan vise til gode resultater.

Det ble foretatt målinger ved alle årstider og hver måleperiode var 4-5 uker. Målingene ble

gjort i en avstand på 1 meter over bakkenivå. Det ble benyttet jordspyd med stolper, og til prosjektet ble det produsert aluminiumsskjermer for beskyttelse mot blant annet nedbør. Sporfilmen ble hengt på en krok under skjermen. Bilder av utstyret er vist i figurene 2.1 – 2.4.

I forbindelse med forprosjektet ble det gjennomført målinger i to høydeintervaller ved hvert målepunkt: ved 30-50 cm og ved 150-200 cm over bakkenivå. Målingene ble også her foretatt med sporfilmer. Det ble ikke benyttet jordspyd, stolper og skjermer, men sporfilmene ble plassert på trær og postkassestativ, så godt beskyttet mot nedbør som mulig. Figur 2.5 viser et eksempel.



Figur 2.1: Utstyr for måling av radon i uteluft.



Figur 2.2: Jordspyd.



Figur 2.4: Skjerm og sporfilm.



Figur 2.3: Jordspyd, stolpe og skjerm.



Figur 2.5: I forbindelse med forprosjektet ble blant annet postkassestativ benyttet.

2.2 Studieområder

En av målsetningene med prosjektet var å få en oversikt over radonverdier i uteluft i radonutsatte områder. Områdene ble valgt ut på bakgrunn av resultater av radonmålinger i boliger, berggrunns- og kvartærgeologi. Det ble foretatt målinger i områder med alunskifer og uranrik granitt og i områder med permeable løsmasser. Det totale antall målepunkt var 104, fordelt på kommunene Fredrikstad, Røyken, Eidfjord og Ullensvang, se figur 2.6.

Det ble også foretatt målinger i uteluft i et par områder der radonmålinger i boliger og geologiske forhold indikerer moderat radonrisiko. Referanseområdene var Grini næringspark 13 på Østerås (Bærum kommune) og Lunder på Moe (Aurskog-Holand kommune), se figur 2.6.



Figur 2.6: Det ble foretatt radonmålinger i uteluft i kommunene Fredrikstad, Røyken, Eidfjord, Ullensvang, Bærum og Aurskog-Holand.

For at sporfilmene skulle få henge i fred, ble en stor andel av målingene foretatt i private hager. Når det gjelder målingene gjort i områdene med alunskifer og uranrik granitt, ble de så langt det var mulig foretatt nær bart fjell, men i enkelte tilfeller var berggrunnen dekket av løsmasser.

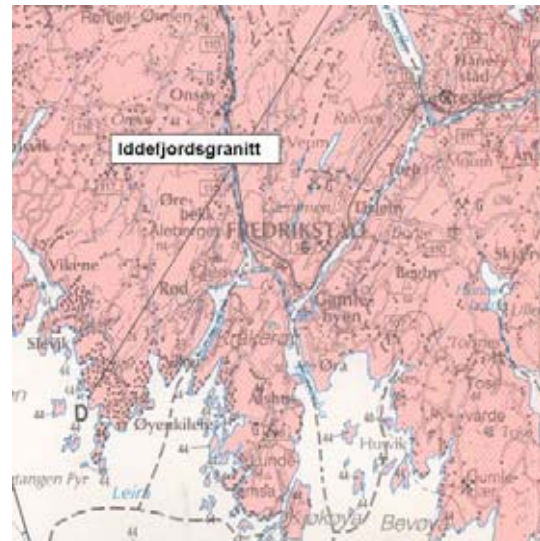
2.2.1 Fredrikstad

Berggrunnen i Fredrikstad kommune i Østfold består av Iddefjordsgranitt, som er en av de

mest radiumrike granittene i Norge. Figur 2.7 viser berggrunnsgeologisk kart over Fredrikstad. Det er liten forekomst av løsmasser i området.

Fra slutten av 80-tallet og frem til i dag er det gjennomført radonmålinger i om lag 3000 husstander i Fredrikstad kommune. Resultatene viser at 36 % av husstandene har radonverdi høyere enn anbefalte tiltaksnivå på 200 Bq/m^3 . Høye verdier er jevnt fordelt over hele kommunen.

Studien omfatter 25 målepunkt i Fredrikstad kommune. Disse dekker hele kommunen; sentrum, Kjølberg, Begby, Kråkerøy, Trara, Trosvik, Ambjørnrud, Lisleby, Rolvsøy, Gressvik, Slevik, Manstad og Kjerre.



Figur 2.7: Berggrunnsgeologisk kart over Fredrikstad kommune.

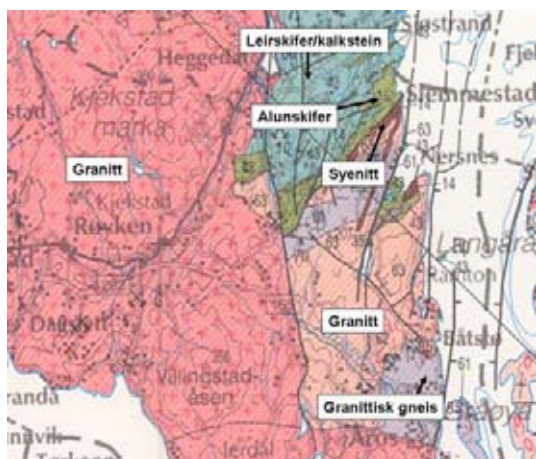
2.2.2 Røyken

Røyken kommune i Buskerud har omfattende radonproblemer. Dette skyldes i hovedsak berggrunnsgeologien. Dominerende bergtype er Drammensgranitt, og denne granitten har et høyt innhold av radium. Kommunen har også områder med alunskifer. Bare en liten del av arealet er dekket av løsmasser. Berggrunnsgeologisk kart over Røyken kommune er gitt i figur 2.8.

I forbindelse med den landsomfattende undersøkelsen RaMAP ble det vinteren 2003 gjennomført radonmålinger i 215 boliger i

kommunen. Gjennomsnittlig radonkonsentrasjon er 219 Bq/m^3 og ligger mer enn dobbelt så høyt som landsgjennomsnittet på 89 Bq/m^3 [Strand et.al., 2003]. Andel målinger over 200 Bq/m^3 er 32 %.

Det ble gjennomført radonmålinger i uteluft ved 25 punkt i kommunen. Målepunktene er konsentrert i områder med alunskifer, det vil si i Slemmestad, Bødalen og på Nærnes, men det ble også foretatt målinger i Røyken og på Åros.



Figur 2.8: Berggrunnsgeologisk kart over Røyken kommune.

2.2.3 Eidfjord

Eidfjord kommune ligger innerst i Hardanger i Hordaland fylke. Det meste av bosetningen finnes i Øvre Eidfjord og Eidfjord. Nesten alle boligene er bygd på breelv- og elveavsetninger. Løsmassene ble avsatt for om lag 9500 år siden og fyller hele dalbunnen. Figur 2.9 viser kvartærgeologisk kart over området.

Vinteren 2003 ble det, i forbindelse med prosjektet RaMAP, gjennomført en kartlegging av radon i inneluft i Eidfjord kommune. Det ble foretatt radonmålinger i 23 % av kommunens husstander. Resultatene viser at nesten 2 av 3 boliger har radonkonsentrasjon høyere enn 200 Bq/m^3 , og gjennomsnittlig radonverdi er beregnet til 544 Bq/m^3 [Strand et.al., 2003].

Det er gjennomført målinger av radon i uteluft 20 steder i kommunen. De fleste målepunktene er lokalisert i Øvre Eidfjord og Eidfjord.

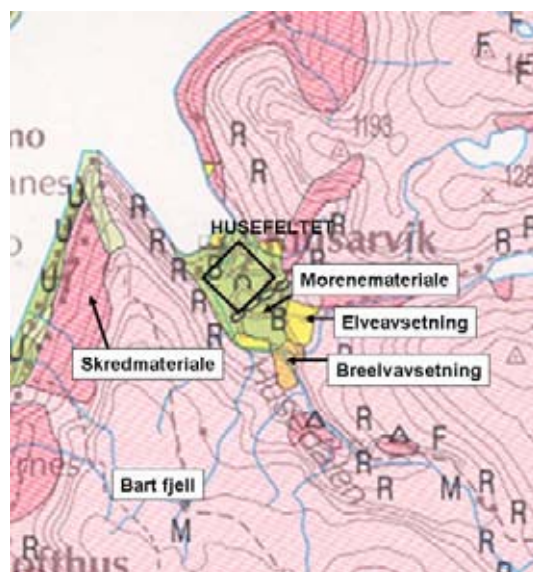


Figur 2.9: Kvartærgeologisk kart over Eidfjord kommune.

2.2.4 Ullensvang

Ullensvang er nabokommune til Eidfjord. Kommunesenter er Kinsarvik, og de aller fleste boligene i Kinsarvik ligger på byggefeltet Huse. Alle målinger i forbindelse med utendørsprosjektet, også forprosjektet, ble gjennomført på Huse-feltet. Antall målepunkt var 20, geografisk godt fordelt over hele feltet.

Huse-feltet er om lag $0,5 \text{ km}^2$ og strekker seg fra 40 til 115 meter over havnivå. Feltet ligger på en grovkornet endemorene avsatt for om lag 10 000 år siden. Avsetningen fyller dalbunnen og er om lag 60 meter tykk. Figur 2.10 viser kvartærgeologisk kart over Kinsarvik.



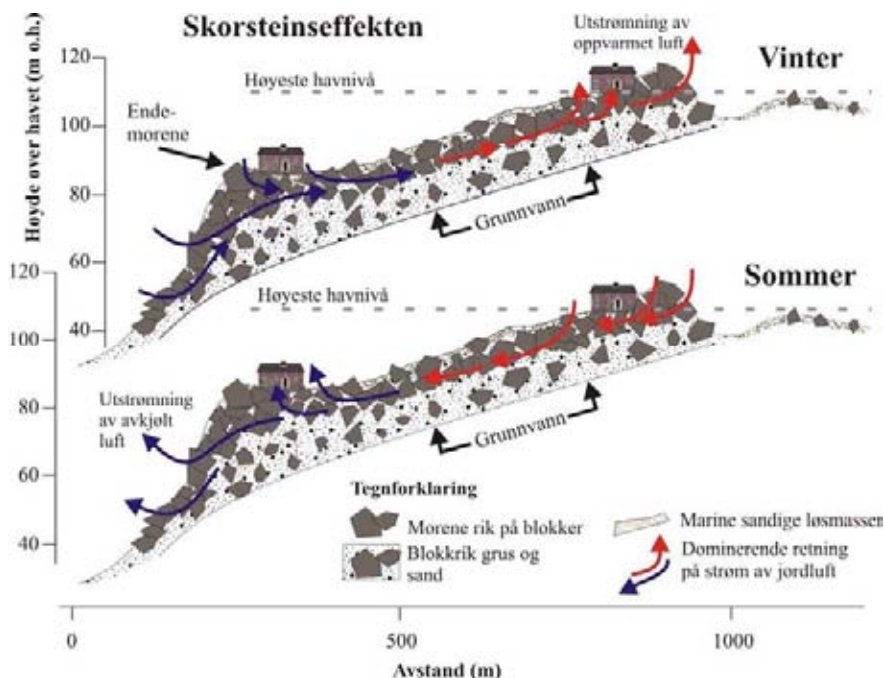
Figur 2.10: Kvartærgeologisk kart over Kinsarvik.

I 1996-1997 ble det gjennomført en kartlegging av radon i Ullensvang. Kartleggingen omfattet målinger i et stort antall boliger i hele kommunen. Det ble registrert radonverdier opp mot 30 000 Bq/m³ i Kinsarvik, og ikke noe annet sted i Norge er det målt høyere verdier [Jensen, 1997]. Kartleggingen viste at over 90 % av boligene på Huse-feltet hadde radonverdi høyere enn 200 Bq/m³. Resultatene i øvrige deler av kommunen var lave, men i den senere tid er det registrert enkelte verdier over anbefalt tiltaksnivå også her. På Huse-feltet ble det foretatt målinger over tre årstider (sommer, høst og vinter). Generelt har boliger på øvre del av feltet høy radonkonsentrasjon om vinteren [Jensen, 1997]. I flere boliger er høst- og vinterverdi 25 til 30 ganger høyere enn sommerverdi. Boliger på nedre del av feltet har høyere konsentrasjon om sommeren enn om høsten og vinteren, mens radonkonsentrasjonen i boliger i det midtre området er relativt lik fra årstid til årstid.

I 1997-1998 ble det foretatt radonmålinger i jordluft ved 23 forskjellige lokaliteter på Huse-

feltet. Målingene ble foretatt med sporfilm ved dybde ca. 20 cm. Filmene ble eksponert i 2-3 dager, og det ble gjennomført målinger ved alle årstider. Målinger i november og mars viste høye konsentrasjoner i det topografisk høyeste området, mens målinger i august og mai ga lave verdier [Sundal et.al., 2004]. I det topografisk laveste området er mønsteret motsatt.

Variasjonene med topografi er forårsaket av luftstrømmer som konsentrerer radonholdig jordluft til visse områder, mens andre områder ventileres med uteluft [Sundal et.al., 2004]. Varm luft er lettere enn kald luft. Om vinteren er temperaturen i jordluft høyere enn temperaturen i uteluft, og jordluft strømmer mot høyereliggende områder. I den varme årstiden strømmer jordluften mot de laveste områdene fordi temperaturen i jordluften er lavere enn temperaturen i uteluft. På grunn av ekstremt permeable sedimenter under hele Huse-feltet forsterkes denne effekten. Figur 3.6 illustrerer transporten av radon på Huse-feltet.



Figur 3.6: Illustrasjon på transport av radon på Huse-feltet. Varm luft er lettere enn kald luft. Om vinteren er temperaturen i jordluft høyere enn temperaturen i uteluft, og jordluft strømmer mot høyereliggende områder. I den varme årstiden strømmer jordluft mot de laveste områdene fordi temperaturen i jordluft er lavere enn temperaturen i uteluft. [Valen et.al., 1999]

2.2.5 Referansesteder

Det ble foretatt radonmålinger i uteluft på to referansesteder: Grini næringspark 13 på Østerås (Bærum kommune) og Lunder på Moe (Aurskog-Høland kommune). Ut i fra informasjon om geologi og resultater fra radonmålinger i boliger er dette områder med moderat risiko for radonproblemer. Det ble foretatt målinger ved sju punkt innenfor ca. 0,04 km² på hver av stedene.

3 Resultater og diskusjon

3.1 Årsverdier

Målinger alle årstider og en total måleperiode på 4-5 måneder gir et godt grunnlag for å fastslå radonnivå i uteluft. Årsverdi, det vil si gjennomsnittlig radonkonsentrasjon over et år, er beregnet ved å ta snittet av resultatene fra målingene sommer, høst, vinter og vår. Tabell 3.2 viser gjennomsnittlig årsverdi for de forskjellige områdene. Årsverdi for de ulike målepunktene er gitt i tabellene 2-7 i vedlegg.

Tabell 3.2: Gjennomsnittlig årsverdi av radon i uteluft i de ulike områdene.

Sted	Årsverdi av radon i uteluft (Bq/m ³)
Fredrikstad kommune	19
Røyken kommune	34
Eidfjord kommune	31
Kinsarvik (Ullensvang kommune)	114
Referansested 1 (Østerås, Bærum kommune)	23
Referansested 2 (Lunder, Aurskog-Høland kommune)	21

Fredrikstad har gjennomgående lavere utendørsverdier av radon enn de andre områdene. Gjennomsnittlig årsverdi av radon i uteluft er 19 Bq/m³, det vil si omtrent det samme som på referansestedene, der verdiene er 21 og 23 Bq/m³. I Røyken og Eidfjord er årsverdien henholdsvis 34 og 31 Bq/m³.

Gjennomsnittlig årsverdi av radon i uteluft i Kinsarvik er 114 Bq/m³. Verdien er 3 til 6 ganger høyere enn verdiene i de andre områdene og er dessuten høyere enn gjennomsnittlig radonkonsentrasjon i norske boliger (89 Bq/m³). Radoneksponeringen i uteluft 1 meter over bakkenivå i Kinsarvik er med andre ord høyere enn hva en gjennomsnittsnordmann eksponeres for i inneluft.

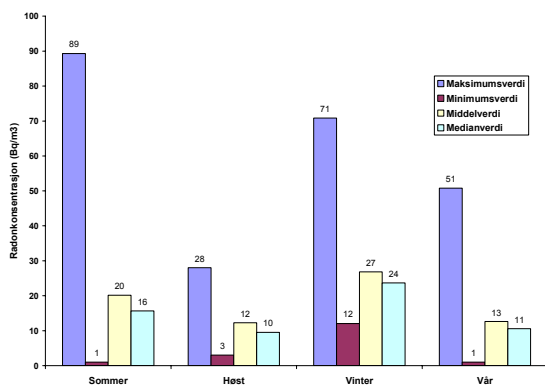
Det er stor spredning i beregnet årsverdi for de 20 målepunktene i Kinsarvik. Laveste verdi er 23 Bq/m³ og høyeste er 287 Bq/m³. Ved elleve av målepunktene er beregnet årsverdi høyere enn snittet i norske boliger, og ved fire av disse er verdien også høyere enn anbefalt tiltaksnivå på 200 Bq/m³ (208, 208, 217 og 287 Bq/m³).

I følge UNSCEAR viser resultater av målinger i uteluft vanligvis radonkonsentrasjoner på rundt 10 Bq/m³, men med variasjoner fra 1 til over 100 Bq/m³ [UNSCEAR 1993/2000]. Dette prosjektet viser imidlertid at det er områder i Norge hvor radonkonsentrasjonen i uteluft i er en god del høyere. Fire av de seks utvalgte områdene er radonutsatte, og en viktig målsetning var å se på hvilke radonkonsentrasjoner som kan forekomme i uteluft i slike områder. Resultatene representerer derfor ikke noe landsgjennomsnitt. De aller fleste steder vil sannsynligvis ha lavere radonverdier enn verdiene observert i de mest utsatte områdene i studien. Radonmålinger i boliger og geologiske forhold indikerer at det er moderat radonrisiko i de to siste områdene (referanseområdene), men også her er radonkonsentrasjonen i uteluft høyere enn internasjonale data.

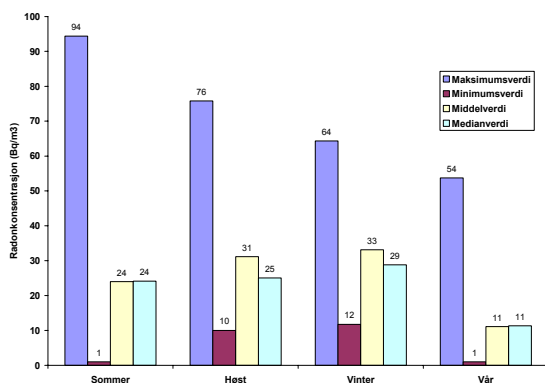
Det kan være mange grunner til at radonnivåene i noen av de utvalgte områdene i Norge er høyere enn tilsvarende tall fra andre land. Det er blant annet ikke sett på klimarelaterte parametere i denne studien, og det er derfor vanskelig å trekke slutninger om hvor stor effekt ulike meteorologiske forhold har på radonkonsentrasjonen i uteluft. Det bør gjennomføres videre undersøkelser for å se nærmere på disse sammenhengene. Det foreligger derimot mye data når det gjelder grunnforholdene i Kinsarvik som forklarer den store utstrømningen av jordluft i området.

3.2 Sesongvariasjoner

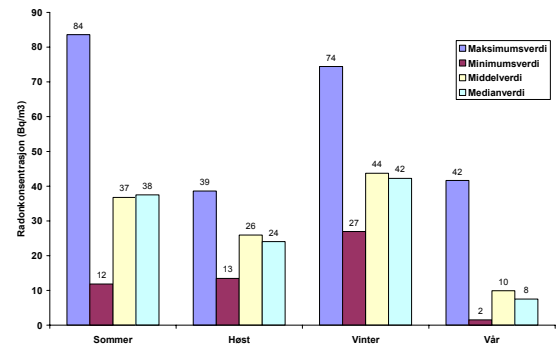
Figur 3.1, 3.2, 3.3 og 3.4 viser maksimal-, minimal-, middel- og medianverdi ved forskjellige årstider for de ulike områdene, tabell 3.1 for referansestedene. Radonverdi for alle målepunktene alle måleperioder er gitt i tabell 1-6 i vedlegg. Resultatene viser at radonverdiene i uteluft varierer fra årstid til årstid. I alle de fire områdene er middel- og medianverdi av radon høyest om vinteren. De laveste verdiene opptrer om våren, med unntak av Fredrikstad hvor høstverdiene er noe lavere enn vårverdiene. I Fredrikstad er radonkonsentrasjonen om vinteren dobbelt så høy som om høsten/våren, i Kinsarvik og Eidfjord er forholdet mellom vinter- og vårverdi rundt fire.



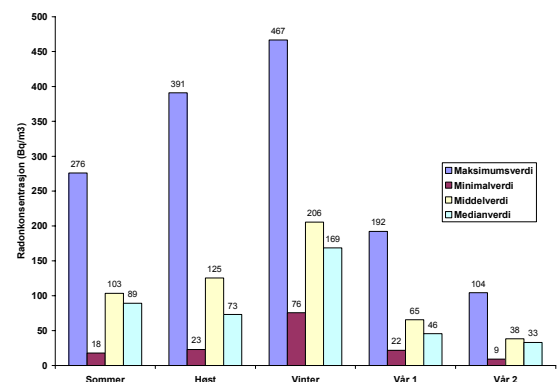
Figur 3.1. Radonverdier i uteluft i Fredrikstad kommune. Maksimums-, minimums-, middel- og medianverdi av radon fire årstider, på bakgrunn av resultater fra 25 målepunkt.



Figur 3.2. Radonverdier i uteluft i Røyken kommune. Maksimums-, minimums-, middel- og medianverdi av radon fire årstider, på bakgrunn av resultater fra 25 målepunkt.



Figur 3.3. Radonverdier i uteluft i Eidfjord kommune. Maksimums-, minimums-, middel- og medianverdi av radon fire årstider, på bakgrunn av resultater fra 20 målepunkt.



Figur 3.4. Radonverdier i uteluft i Kinsarvik i Ullensvang kommune. Maksimums-, minimums-, middel- og medianverdi av radon fire årstider, på bakgrunn av resultater fra 20 målepunkt.

Tabell 3.1: Radonverdier i uteluft på referansestedene. Maksimums-, minimums-, middel- og medianverdier av radon fire årstider, på bakgrunn av resultater fra 7 målepunkt på hver av stedene.

		Radonkonsentrasjon (Bq/m ³)			
		Sommer	Høst	Vinter	Vår
Referansested 1	Maksimalverdi	173	27	44	40
	Minimalverdi	1	4	15	3
	Middelverdi	39	14	24	14
	Medianverdi	18	15	21	8
Referansested 2	Maksimalverdi	32	42	40	13
	Minimalverdi	4	29	13	1
	Middelverdi	17	38	25	3
	Medianverdi	18	39	23	1

De høyeste radonkonsentrasjonene i uteluft opptrer i Kinsarvik. Verdiene er langt høyere enn verdiene i de andre områdene ved alle årstider. I forhold til Fredrikstad, som har de laveste radonverdiene, er konsentrasjonen i Kinsarvik mer enn fem ganger høyere sommer og vår, mens den er hele åtte ganger høyere høst og vinter. Vinterverdiene (2. februar – 9. mars 2005) er oppsiktsvekkende høye. Middel- og medianverdi for de 20 målepunktene er henholdsvis 206 og 169 Bq/m³. Høyeste enkeltverdi er 467 Bq/m³. Ved 8 av de 20 målepunktene er radonkonsentrasjonen høyere enn 200 Bq/m³, og ikke ved noen av punktene er verdien lavere enn 76 Bq/m³. På tre av målepunktene på den topografisk høyeste delen av feltet ble det i tillegg gjennomført målinger den kaldeste vintermåneden (4. januar – 2. februar). Resultatene viser verdiene 398, 470 og 591 Bq/m³, som er 25-30 % høyere enn verdiene måneden etter. På bakgrunn av disse resultatene, og det faktum at januar var en kaldere måned enn februar, er det grunn til å anta at vinterverdiene for Kinsarvik ville vært enda høyere om målingene hadde vært gjennomført i januar. I forbindelse med forprosjektet (mars 2004) ble det ved et av målepunktene registrert verdier over 600 Bq/m³ (638 og 669 Bq/m³), se tabell 7 i vedlegg. Målepunktet ligger nær en kuldegrop på øvre del av feltet, hvor det trolig er stor utstrømning av radonholdig jordluft.

Resultatene fra referansestedene, se tabell 3.1, skiller seg ikke vesentlig fra resultatene i de radonutsatte områdene når det gjelder

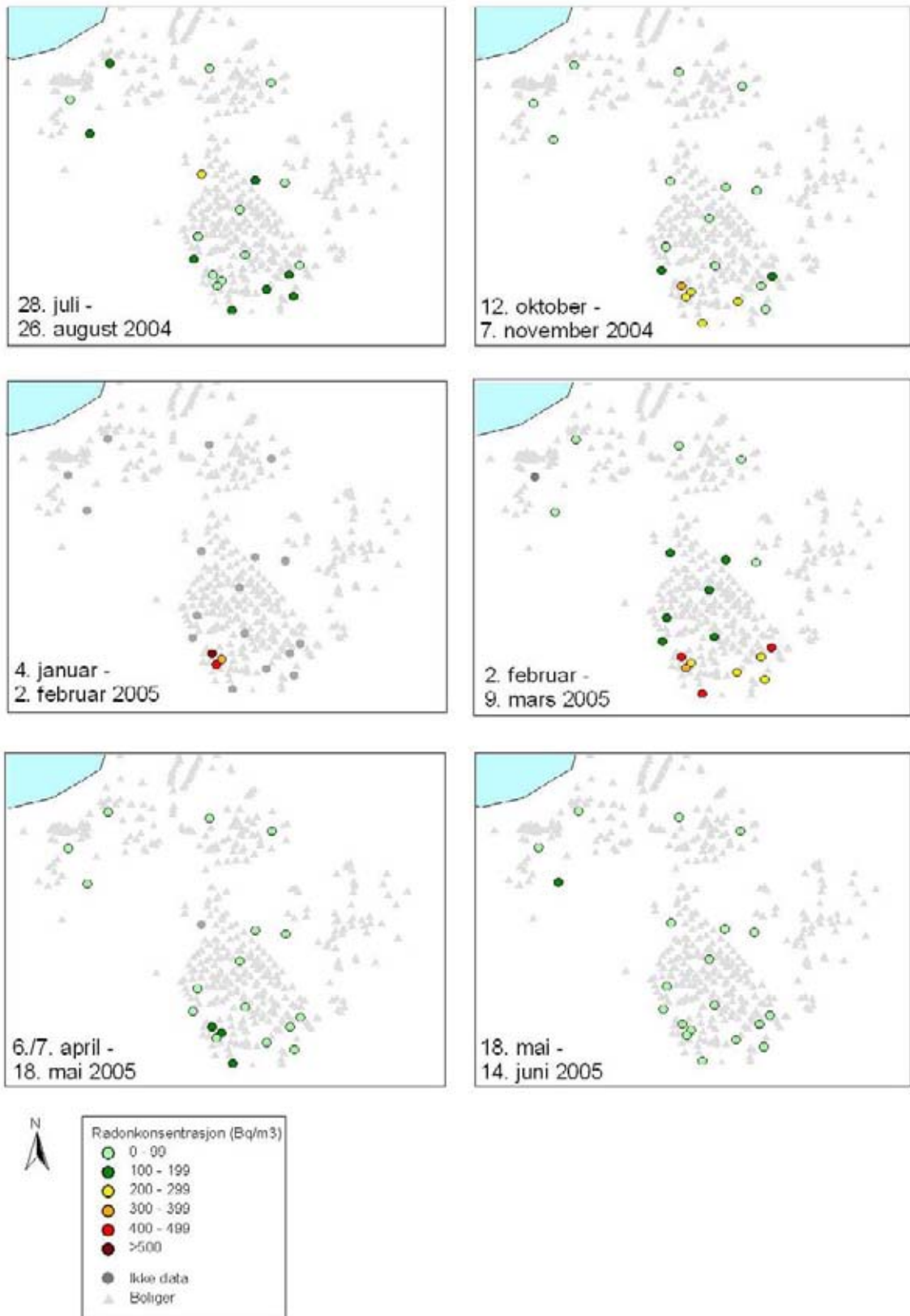
sesongvariasjoner. Også i referanseområdene er middelverdien av resultatene lavest om våren. Referansested 2 (Moe) har høyest verdi om høsten, mens høyeste verdi på referansested 1 (Østerås) opptrer om sommeren. Her trekker en verdi på 173 Bq/m³ snittet opp. Det er vanskelig å finne noen forklaring på denne ene høye verdien.

Flere internasjonale studier har sett på sesongvariasjoner i radonkonsentrasjonen i uteluft. Jevnt over viser resultatene at konsentrasjonen er høyest i vintersesongen. En av de mest omfattende studiene er gjennomført i Japan i perioden 1997-1999. Resultatene viser at de laveste radonverdiene opptrer i perioden juli-september (sommersesong), og de høyeste i perioden oktober-desember (høst- og vintersesong) [Oikawa et al., 2003]. Sesongvariasjonene i radonkonsentrasjonen i de utvalgte områdene i Norge er således i samsvar med tilsvarende data fra andre land.

På Huse-feltet i Kinsarvik er det ikke bare store sesongvariasjoner i radonkonsentrasjonen i uteluft, men også variasjoner etter et tydelig geografisk mønster. Det er signifikante forskjeller i radonnivå mellom øvre (topografisk høyeste, sørøst), nedre (topografisk laveste, nordvest) og midtre område av feltet de ulike årstider, se figur 3.5. På den øvre delen av feltet er det høye radonverdier de kaldeste periodene og lave verdier de mildeste periodene. På nedre del av feltet opptrer de høyeste verdiene om sommeren. Det ble også foretatt radonmålinger i uteluft på Huse-feltet i mars 2004 (forprosjekt), se tabell 7 i vedlegg. Resultatene viser samme geografiske fordeling som målingene i vinterhalvåret 2005.

Det er gjort omfattende målinger av radon i jord- og inneluft på Huse-feltet i Kinsarvik, og transportprosessene av radon i bakken er godt dokumentert, se avsnitt 2.2.4.

Radonkonsentrasjonen i uteluft varierer etter samme topografiske mønster som konsentrasjonen i jord- og inneluft. Dette er som forventet siden radonholdig luft vil strømme opp fra bakken og utstrømningen av radon vil være avhengig av konsentrasjonen i jordluft.



Figur 3.5: Geografisk fordeling av radonverdier i Kinsarvik ved forskjellige årstider.

Radonverdiene på de topografisk høyeste områdene er relativt sett langt høyere enn verdiene i de topografisk laveste områdene. Grunnen til dette er at det er permeable masser i overflaten på øvre del av feltet, noe som øker utstrømningen av jordluft. I midtre og nedre del av feltet er det et tettere lag over de permeable massene. Det er også slik at jo større temperaturforskjell det er mellom ute- og jordluft, jo raskere blir luftstrømmen gjennom massene. Utstrømningen blir derfor sterkest når det er kaldest.

Eidfjord kommune har relativt lik geologi som Kinsarvik, men sesongvariasjoner etter et geografisk mønster registreres ikke. Det mangler en grundig analyse av grunnforholdene, blant annet foreligger det ikke resultater av radonmålinger i jordluft, men sannsynligvis er det ikke like sterke luftstrømmer i bakken i Eidfjord som det er i Kinsarvik. Dette kan ha med oppbygning av avsetningen å gjøre. Heller ikke i Røyken og Fredrikstad observeres variasjoner i radonkonsentrasjon med topografi. Målingene her er imidlertid foretatt over berggrunn med lav permeabilitet, der det på grunn av den lave permeabiliteten ikke oppstår strømmer av jordluft

3.3 Variasjoner med høyde over bakkenivå

Det er ikke gjennomført noen systematisk undersøkelse av sammenhengen mellom radonnivå og høyde over bakke i dette prosjektet, men kun foretatt enkelte/sporadiske målinger i Kinsarvik.

I forprosjektet ble det foretatt målinger av radon i to høydeintervaller over bakkenivå. Målingene ble foretatt i tidsrommet 3. – 30. mars 2004 og omfatter 25 målepunkt jevnt fordelt over Huse-feltet. Resultatene er gitt i tabell 7, se vedlegg. Gjennomsnittlig radonverdi 30-50 cm over bakkenivå er 238 Bq/m³. Ved høyde 150-200 cm er radonkonsentrasjonen redusert med 17 % til 197 Bq/m³. I selve studien ble det foretatt målinger 100 cm over bakkenivå, og i perioden 2. februar - 9. mars 2005 er radonkonsentrasjonen 206 Bq/m³, se figur 3.4.

Anbefalt tiltaksnivå for radon i inneluft er 200 Bq/m³, og vinterverdier i uteluft ligger på samme nivå, selv ved relativt stor avstand fra bakke. Målingene er imidlertid foretatt i tidsrommet hvor de høyeste radonverdiene opptrer, se figur 3.4, og årsverdiene er dermed lavere.

I tillegg ble det også foretatt målinger i et tre ved målepunkt G og H (Kinsarvik) 2,5 og 4,5 meter over bakkenivå. Måleperiode var 28. juli til 26. august 2004, det vil si parallelt med sommermålingene. Verdiene er henholdsvis 64 og 20 Bq/m³. Sommerverdiene i punkt G og H (100 cm over bakken) er henholdsvis 89 og 77 Bq/m³.

Radonkonsentrasjonen i uteluft avtar som forventet med høyde over bakkenivå. Dette er naturlig siden kilden er bakken og radonkonsentrasjonen fortonnes med økende avstand fra bakkenivå. Resultatene av målingene viser også at radonverdiene i uteluft i Kinsarvik er høye selv flere meter over bakkenivå, og årsaken til dette er mest sannsynlig de sterke luftstrømmene opp fra bakken.

3.4 Bygningstekniske tiltak

Hovedkilden til radon i boliger er byggegrunnen, og bidraget fra radon i uteluft er til sammenligning svært lite. Det er likevel viktig at enkle forhåndsregler tas i forbindelse med forebyggende tiltak i nye boliger og utbedringstiltak i eksisterende boliger. Det er blant annet viktig å sørge for at tilluftsventiler, -luker og -kanaler et stykke opp fra bakken, for å hindre at radonholdig jordluft kommer inn i boligen denne veien.

I eksisterende boliger er det spesielt viktig å være oppmerksom på veggventiler som ligger nær eller delvis nede i grunnen [SINTEF Byggforsk, 1999]. Åpne terrengoverflater i nærheten av ventiler bør tettes. En annen mulighet er å stenge av ventiler som ligger nær grunnen og bruke andre ventiler som ligger høyere over bakkenivå. Det må i så fall lages nye veggventiler som erstatning for de som stenges. Det er også mulig å beholde ventilen som tilluftsventil dersom det sørges for at luften tas fra et sted høyere over terreng. Det kan

gjøres med en ventilhever [SINTEF Byggforsk, 1999].

Anbefalt tiltaksnivå for radon i boliger er 200 Bq/m³. Hovedkilden til radon i boliger er byggegrunnen, og normalt er bidraget fra radon i uteluft ubetydelig. I enkelte tilfeller, som for eksempel i Kinsarvik, vil det komme en del radonholdig uteluft inn i boliger. Radonkonsentrasjonen i jordluft er imidlertid flere størrelsesordner høyere, og relativt sett vil bidraget fra uteluft være lite. Likevel kan radonnivåene i uteluft være en begrensende faktor med hensyn til hvor lav radonkonsentrasjon det er mulig å oppnå i boligene. Radonkonsentrasjonen i inneluft kan vanskelig bli lavere enn i uteluft. Med en radonkonsentrasjon utendørs opp mot 200 Bq/m³ vil det være vanskelig å redusere radonkonsentrasjonen i en bolig til under anbefalt tiltaksnivå, uansett hva som iverksettes av utbedringstiltak mot radon. Det er imidlertid viktig å påpeke at slike problemstillinger trolig bare oppstår helt lokalt i ekstremområder som Kinsarvik.

4 Sammenheng og konklusjon

Det er gjennomført en kartlegging av radon i uteluft i seks utvalgte områder i Norge. Fire av områdene er radonutsatte: Fredrikstad, Røyken og Eidfjord kommune og Kinsarvik i Ullensvang kommune. I alle de fire områdene er det høye radonverdier i boliger. Berggrunnen i Fredrikstad og Røyken består hovedsakelig av radiumrike granitter, og Røyken har i tillegg forekomster av alunskifer. I Eidfjord og Kinsarvik er de fleste boliger bygd på permeable løsmasser med stor mektighet. For å ha noe å sammenlikne utendørsverdiene i de radonutsatte områdene med, ble det foretatt målinger i et par områder med moderat radonrisiko. Referanseområdene var Grini næringspark 13 på Østerås (Bærum kommune) og Lunder på Moe (Aurskog-Høland kommune).

Radonmålingene ble foretatt med sporfilmmetoden. Måleperiode var 4-5 uker og det ble gjennomført målinger ved alle årstider. Målingene ble foretatt 1 meter over bakkenivå. Det totale antall målepunkt var 104.

Studien viser at det er områder i Norge hvor radonkonsentrasjonen i uteluft er en god del høyere enn internasjonale data, og spesielt Huse-feltet i Kinsarvik skiller seg ut. Tidligere målinger av radon i jord- og inneluft viser svært høye verdier i området, og det var derfor ikke uventet at de høyeste radonverdiene i uteluft ble registrert nettopp her. Gjennomsnittlig årsverdi i uteluft i Kinsarvik er 114 Bq/m³. Til sammenligning er gjennomsnittlig radonkonsentrasjon i norske boliger 89 Bq/m³ (inneluft). Ved fire av målepunktene er årsverdien i uteluft høyere enn 200 Bq/m³, som er anbefalt tiltaksnivå for radon i boliger. Målingene viser også at radonverdiene er høye selv flere meter over bakkenivå. Gjennomsnittlig årsverdi av radon i uteluft i Fredrikstad er 19 Bq/m³ og er noe lavere enn på referansestedene. I Røyken og Eidfjord er årsverdien henholdsvis 34 og 31 Bq/m³.

Nesten alle målingene i denne studien er foretatt i radonutsatte områder, og resultatene representerer derfor ikke noe landsgjennomsnitt. De aller fleste steder vil sannsynligvis ha lavere radonverdier i uteluft enn verdiene observert i de mest utsatte områdene i studien. Av de fire områdene skiller ett seg vesentlig ut, og innenfor dette området igjen er det registrert noen få årsverdier over 200 Bq/m³. Det er svært overraskende å finne så høye radonverdier i uteluft og ingen andre studier kan vise til lignende resultater, men det er viktig å påpeke at slike nivåer trolig bare finnes helt lokalt i ekstremområder. Når det gjelder eksponering og doser til personer må det i vurderingen legges til grunn at radonnivåene i inneluft i slike områder er mange faktorer større enn nivåene i uteluft.

Det er store sesongvariasjoner i radonkonsentrasjonen i uteluft. De høyeste verdiene opptrer om vinteren, de laveste om våren. I områdene med permeable løsmasser, det vil si Eidfjord og Kinsarvik, er forskjellen størst. Her er vinterverdiene rundt fire ganger

høyere enn vårverdiene. Vinterverdiene i Kinsarvik viser en middel- og medianverdi på henholdsvis 206 og 169 Bq/m³. I Kinsarvik observeres også variasjoner etter et tydelig geografisk mønster. I de topografisk høyeste områdene av feltet er det høye radonverdier de kaldeste periodene og lave verdier de mildeste. I de topografisk laveste områdene er bildet motsatt. Målinger i inne- og jordluft viser identisk mønster. Variasjonene er forårsaket av luftstrømmer som konsentrerer radonholdig jordluft til visse områder, mens andre områder ventileres med jordluft. Effekten forsterkes av at det er ekstremt permeable sedimenter under hele byggefeltet.

I forbindelse med forebyggende tiltak i nye boliger og utbedringstiltak i eksisterende boliger er det viktig å sørge for at tilluftsventiler, -luker og -kanaler plasseres et stykke opp fra bakken. I enkelte tilfeller, som for eksempel i Kinsarvik, vil radonnivåene i uteluft være en begrensende faktor med hensyn til hvor lav radonkonsentrasjon det er mulig å oppnå i boliger. Radonkonsentrasjonen i inneluft kan vanskelig bli lavere enn i uteluft. Med en radonkonsentrasjon i uteluft opp mot 200 Bq/m³ vil det være vanskelig å redusere radonkonsentrasjonen i en bolig til under anbefalt tiltaksnivå, uansett hva som iverksettes av utbedringstiltak mot radon. Radonkonsentrasjonen i jordluft er imidlertid mange faktorer større, og relativt sett vil bidraget fra uteluft være lite.

Referanser

Hopper RD et al. National ambient radon study. I: Proceedings of the 1991 International Symposium on Radon and Radon Reduction Technology, 2-5 April 1991, Philadelphia, PA. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency, 1991: vol. 4, session 9, p. 79.

Jensen CL. Radonprosjektet : kartlegging og tiltak mot radon i Ullensvang herad 1996-97. [Kinsarvik] : Ullensvang herad, 1998.

National Council on Radiation Protection and Measurements. Exposure of the population in the United States and Canada from natural background radiation. NCRP Report No. 94. Bethesda, MD: NCRP, 1987.

Oikawa S et al. A nationwide survey of outdoor radon concentration in Japan. Journal of Environmental Radioactivity 2003; 65(2): 203-213.

SINTEF Byggforsk. Radon : bygningstekniske tiltak i eksisterende bygninger. Byggforvaltning 701.706. Oslo: SINTEF Byggforsk, 1999.

Strand T, Jensen CL, Ramberg GB, Ruden L, Ånestad K. Kartlegging av radon i 44 kommuner 2003 : kort presentasjon av resultatene. StrålevernRapport 2003:9. Østerås: Statens strålevern, 2003.
<http://www.nrpa.no/applications/system/publish/view/showLinks.asp?ips=1&archive=1000160> (28.11.06).

Sundal AV et al. Geological and geochemical factors affecting radon concentrations in dwellings located on permeable glacial sediments : a case study from Kinsarvik, Norway. Environmental Geology 2004; 45(6): 843-858.

United Nations Scientific Committee on Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). Sources and effects of ionizing radiation : UNSCEAR 1993 report to the General Assembly, with scientific annexes. New York: United Nations, 1993.

United Nations Scientific Committee on Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). Sources

and effects of ionizing radiation : UNSCEAR 2000 report to the General Assembly, with scientific annexes . New York: United Nations, 2000.

Valen V et al. Variations in radon content in soil and dwellings in the Kinsarvik area, Norway, are strongly dependent on air temperature. I: Proceedings of AARST 2000 International Radon Symposium, Milwaukee, Wisconsin : extended abstracts. Alstead, NH: American Assosication of Radon Scientists and Technologists (AARST); 2000.

World Health Organization (WHO). Radon and cancer. Fact sheet N°291. Geneva: WHO, 2005.

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs291/en/index.html> (28.11.06).

Wrixon AD et al. Natural radiation exposure in UK dwellings. NRPB-R190. Chilton, Oxon: National Radiological Protection Board (NRPB), 1988.

Vedlegg

Tabell 1: Radonverdier i uteluft i Fredrikstad kommune. Målingene er foretatt 1 meter over bakkenivå.

Målepunkt	Radonkonsentrasjon (Bq/m ³)				Årsverdi
	04.08.04/05.08.04 - 07.09.04	19.10.04 - 23.11.04	28.01.05 - 09.03.05	09.05.05 - 20.06.05	
A	31	10	30	6	19
B	5	x	35	5	15
C	32	9	12	9	15
D	37	9	18	23	22
E	16	20	15	5	14
F	3	x	71	1	25
G	28	21	32	3	21
H	1	17	25	12	14
I	15	13	27	22	19
J	8	x	18	38	21
K	1	x	13	1	5
L	89	3	17	1	28
M	9	x	31	15	18
N	3	4	x	4	4
O	1	x	26	51	26
P	16	7	31	14	17
Q	17	9	42	x	23
R	48	17	19	22	26
S	24	3	52	13	23
T	1	5	18	5	7
U	22	28	38	6	23
V	1	18	22	2	11
W	66	20	20	14	30
X	x	x	15	13	14
Y	9	8	17	20	13

Tabell 2: Radonverdier i uteluft i Røyken kommune. Målingene er foretatt 1 meter over bakkenivå.

Målepunkt	Radonkonsentrasjon (Bq/m ³)				Årsverdi
	06.08.04/11.08.04 - 09.09.04	06.10.04 - 14.11.04	02.02.05 - 10.03.05	03.05.05 - 08.06.05	
A	20	17	18	1	14
B	9	21	x	x	15
C	41	36	59	1	34
D	1	x	x	16	8
E	5	20	29	11	16
F	25	45	46	12	32
G	24	20	20	1	16
H	1	x	17	14	11
I	x	x	39	1	20
J	35	45	53	14	37
K	30	51	33	54	42
L	94	76	66	36	68
M	x	25	33	14	24
N	65	54	46	16	45
O	1	10	28	x	13
P	22	23	x	x	23
Q	x	x	x	x	x
R	x	38	x	1	19
S	25	22	25	x	24
T	1	20	14	5	10
U	25	25	49	1	25
V	1	28	18	1	12
W	6	22	28	1	14
X	25	15	12	x	17
Y	49	41	64	12	42

Tabell 3: Radonverdier i uteluft i Eidfjord kommune. Målingene er foretatt 1 meter over bakkenivå.

Målepunkt	Radonkonsentrasjon (Bq/m ³)				Årsverdi
	29.07.04 - 26.08.04	11.10.04/12.10.04 - 16.11.04	03.02.05 - 09.03.05	11.05.05 - 13./14.06.05	
A	48	23	35	13	30
B	12	18	53	6	22
C	51	26	51	8	34
D	58	28	31	18	34
E	27	13	37	7	21
F	26	39	34	5	26
G	25	35	43	4	27
H	45	23	47	5	30
I	19	21	42	9	23
J	45	24	33	3	26
K	41	29	36	19	31
L	27	22	39	2	22
M	18	24	50	9	25
N	36	32	x	x	34
O	23	34	74	14	37
P	43	33	59	8	35
Q	39	23	27	7	24
R	30	16	x	5	17
S	41	28	53	42	41
T	84	x	42	8	44

Tabell 4: Radonverdier i uteluft på Huse-feltet i Kinsarvik (Ullensvang kommune). Målingene er foretatt 1 meter over bakkenivå.

Målepunkt	Radonkonsentrasjon (Bq/m ³)						Årsverdi
	28.07.04 – 26.08.04	12.10.04 – 17.11.04	04.01.05 – 02.02.05	02.02.05 – 09.03.05	06./07.04.05- 18.05.05	18.05.05- 14.06.05	
A	199	57	x	89	47	104	99
B	18	23	x	x	26	26	23
C	276	46	x	110	x	64	124
D	153	73	x	212	49	34	104
E	167	106	x	178	72	47	114
F	36	96	x	137	46	34	70
G	89	241	398	282	173	65	208
H	77	272	470	359	90	32	217
I	58	95	x	169	37	9	74
J	126	263	x	248	81	60	156
K	46	391	591	446	192	57	287
L	112	298	x	467	134	27	208
M	51	51	x	107	42	12	53
N	124	73	x	231	39	22	98
O	69	178	x	438	77	22	157
P	89	42	x	76	27	23	51
Q	67	43	x	78	27	14	46
R	56	52	x	94	22	24	50
S	118	55	x	103	28	44	70
T	135	52	x	82	34	46	70

Tabell 5: Radonverdier i uteluft på Grini næringspark 13 (Bærum kommune). Målingene er foretatt 1 meter over bakkenivå.

Målepunkt	Radonkonsentrasjon (Bq/m ³)				Årsverdi
	10.08.04 - 07.09.04	22.10.04 - 24.11.04	26.01.05 - 11.03.05	10.05.05-21.06.05	
A	18	8	19	5	13
B	27	x	19	3	16
C	173	14	15	27	57
D	31	17	44	40	33
E	6	27	21	8	16
F	15	17	30	4	16
G	1	4	23	9	9

Tabell 6: Radonverdier i uteluft på Lunder (Aurskog-Høland kommune). Målingene er foretatt 1 meter over bakkenivå.

Målepunkt	Radonkonsentrasjon (Bq/m ³)				Årsverdi
	12.08.04 - 13.09.04	18.10.04 - 01.12.04	06.02.05 - 09.03.05	02.05.05 - 19.06.05	
A	4	36	34	1	19
B	12	39	23	1	19
C	9	42	14	13	20
D	18	37	23	1	20
E	20	42	13	1	19
F	32	42	27	1	26
G	20	29	40	1	23

Tabell 7: Radonverdier i uteluft på Husefeltet i Kinsarvik (Ullensvang kommune). Målingene ble gjort i forbindelse med forprosjektet. De er foretatt 30-50 centimeter og 150-200 centimeter over bakkenivå i tidsrommet fra 4. til 30. mars 2004.

Målepunkt	Radonkonsentrasjon (Bq/m ³)	
	30-50 cm over bakkenivå	150-200 cm over bakkenivå
1	x	x
2	158	128
3	546 / 230	208
4	234	172
5	416	263
6	669	638
7	272	270
8	270	x
9	x	182
10	155	x
11	192	99
12	154 / 216	179
13	272	214
14	272	311
15	x	144
16	186	179
17	158	147
18	x	x
19	146	107
20	166	x
21	119	137
22	132	115
23	183	153
24	171	88
25	147	x

StrålevernRapport 2006:1

Virksomhetsplan 2006

StrålevernRapport 2006:2

Statens strålevern i Mammografiprogrammet. Resultater fra teknisk kvalitetskontroll hentet fra databaseprogrammet TKK

StrålevernRapport 2006:3

Avvikshåndtering ved norske stråleterapisentre

StrålevernRapport 2006:4

The Norwegian UV Monitoring Network 1995/96 - 2004

StrålevernRapport 2006:5

Sikkerhet ved russiske RBMK-reaktorer. En oppdatert gjennomgang av status

StrålevernRapport 2006:6

Radiologi i Noreg. Undersøkningsfrekvens per 2002, tidstrender, geografisk variasjon og befolkningsdose

StrålevernRapport 2006:7

Tiltak mot radon i privatboliger

Oppsummering av tiltak under Nasjonal kreftplan 1999-2003

StrålevernRapport 2006:8

K-159. Havariet av den russiske atombåten K-159 og den norske atomberedskapsorganisasjonens håndtering av ulykken

StrålevernRapport 2006:9

Monte Carlo Simulations for Gamma Measurements in Monitoring and Emergency Situations

StrålevernRapport 2006:10

Terrestrial Monitoring in Øvre Dividalen

StrålevernRapport 2006:11

Virksomhetsrapport for norske stråleterapisentre 2003-2004

StrålevernRapport 2006:12

Gammaspectrometriske flymålinger og radon

StrålevernRapport 2006:13

Kvalitetskontroll av ikke-dosimetriske parametre ved CT-basert planlegging av stråleterapi

StrålevernRapport 2006:14

Radioactivity in the Marine Environment 2004

Results from the Norwegian Marine Monitoring Programme (RAME)

StrålevernRapport 2006:15

Threat Assessment of Radioisotope Thermoelectric Generators (RTG) Management Radiation Protection and Safety Regulations

StrålevernRapport 2006:16

Avoiding a "deep" agreement? Why some countries remain reluctant to the Fissile Material Cut-Off Treaty: the cases of the United States and Pakistan

StrålevernRapport 2006:17

Stråledoser ved analog og digital mammografi i Mammografiprogrammet i

Troms og Finnmark høsten 2004

StrålevernRapport 2006:18

Årsrapport fra persondosimetritjenesten ved Statens strålevern 2005

StrålevernRapport 2006:19

Review of the current status and operations at Mayak Production Association