

Hur många lungcancerfall kan undvikas om radonhalterna i svenska bostäder sänks?

Lars Barregård
Professor, överläkare

Eva M Andersson
Docent, statistiker

Arbets- och miljömedicin
Göteborgs universitet

Mars, 2012

Sahlgrenska akademien



Innehåll

Sammanfattning	3
1. Bakgrund	4
1.1 Radon	4
1.2 Radonhalter i Sverige	4
1.3 Lungcancer och bostadsradon i Sverige	5
2. Syfte.....	6
3. Material och metoder	6
3.1. Exponering för radon	6
3.2 Samband mellan exponering för radon och lungcancerrisk	8
3.3 Beräkningsmetoder.....	8
4. Resultat	9
4.1 Befolkningsviktad radonexponering 2008 (data från BETSI-studien).....	9
4.2 Beräknad radonexponering 1990 (data från tidigare studier).....	9
4.2.1 Befolkningsviktad radonexponering 1990 (data från studien av Pershagen och medarbetare).....	9
4.2.2 Befolkningsviktad radonexponering 1990 enligt ELIB-studien	10
4.3 Beräknat antal fall av lungcancer idag orsakade av tidigare radonnivåer	11
4.4 Beräknat antal framtida fall av lungcancer i olika radonintervall utifrån BETSI-data.....	11
4.4.1 Beräknat antal framtida fall av lungcancer med antagande om oförändrade radonnivåer.....	11
4.4.2 Beräknat antal framtida fall av lungcancer vid sänkta radonhalter	12
4.5 Tidstrender.....	14
4.5.1 Jämförelse av BETSI 2008 med ELIB 1990 och data från Pershagen-studien 1990	14
4.5.2 Jämförelse av enskilda kommuner med data från studien av Pershagen och senare data från AMM Göteborg	14
5. Diskussion.....	15
5.1 Begränsningar och osäkerheter	15
5.2 Sjunkande trend.....	16
5.3 Samhällskostnader	17
Appendix	19
Referenser	23

Arbets- och miljömedicin
Göteborgs universitet
Box 414, 405 30 Göteborg
www.amm.se

Sammanfattning

Inandning av radon kan orsaka lungcancer. Radon från mark eller byggnadsmaterial finns i inomhusluften och Strålsäkerhetsmyndigheten har bedömt att radon i bostäder orsakar cirka 500 lungcancerfall per år i Sverige. Då bostadsradon innebär en icke obetydlig risk för lungcancer även vid radonhalter under nuvarande gränsvärde (200 Bq/m^3) har WHO nyligen rekommenderat att riktvärdet för bostadsradon sätts till 100 Bq/m^3 . Mot bakgrund av detta har Socialstyrelsen uppdragit åt Arbets- och Miljömedicin vid Göteborgs universitet att beräkna hur många cancerfall som skulle undvikas om alla bostäder åtgärdades till en halt under 200 Bq/m^3 samt om alla bostäder inom intervallet $100\text{-}200 \text{ Bq/m}^3$ åtgärdades till en halt under 100 Bq/m^3 . Resultatet ska användas i en bedömning av vilka konsekvenserna skulle bli om Socialstyrelsen sänker sitt riktvärde till 100 Bq/m^3 från nuvarande 200 Bq/m^3 .

I denna rapport har vi beräknat hur många fall av lungcancer som nu kan antas orsakas av bostadsradon. Det görs utifrån uppskattad radonexponering kring 1990 samt exponerings-responssambandet (16 % riskökning per 100 Bq/m^3 bostadsradon). Cirka 500 (punktskattning 533) av 3500 lungcancerfall per år beräknas bero på tidigare radonexponering.

Vidare har vi beräknat hur många fall av lungcancer som kan förväntas inträffa i framtiden till följd av dagens bostadsradonhalter, vilka är lägre än de var 1990. Här ger vi två alternativ beroende på om tidstrenden för lungcancer utan radon är stabil eller i sjunkande på grund av minskad rökning. Om dagens radonexponering förblir oförändrad kommer den att orsaka cirka 400 lungcancerfall i framtiden (punktskattning 426 respektive 361 beroende på bakomliggande tidstrend för lungcancer).

Till slut har vi beräknat hur många framtida lungcancerfall som kan förhindras om dagens bostadsradonhalter sjunker, särskilt i intervallet $100\text{--}200 \text{ Bq/m}^3$. Om medelhalten i detta intervall sjunker till medelhalten inom intervallet $50\text{--}100 \text{ Bq/m}^3$ (69 Bq/m^3) förhindras cirka 50 fall av lungcancer varje år (punktskattning 55 respektive 46 fall per år beroende på tidstrend för lungcancer). Om radonhalten i alla bostäder med $>200 \text{ Bq/m}^3$ skulle sänkas till 140 Bq/m^3 (medelhalten inom intervallet $200\text{-}400 \text{ Bq/m}^3$) skulle cirka 110 framtida lungcancerfall förhindras varje år (punktskattning 121 respektive 103 fall per år). Osäkerheten i beräkningarna av radonhalter i bostäder är ganska liten. Osäkerheten i beräkningen av antalet förhindrade lungcancerfall beror framför allt på antagandet om exponerings-responssambandet, om bakomliggande tidstrender för tobaksorsakad lungcancer samt om vilka radonhalter som uppnås efter åtgärder.

1. Bakgrund

1.1 Radon

Radon (Rn) är en naturligt förekommande luktfri och färglös ädelgas, som ingår i sönderfalls-kedjan för uran. För en utförlig beskrivning, se t.ex. hemsidan för Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM; www.stralsakerhetsmyndigheten.se). Den viktigaste radonisotopen är ^{222}Rn , som har en halveringstid på 3,82 dygn och sönderfaller till radioisotoper, s.k. *radondöttrar*. Radon-döttrarna avger liksom radon α -strålning. Huden utgör ett utmärkt skydd mot α -strålning, som har mycket kort räckvidd och till största delen stoppas av hudens hornlager, men inandning av radondöttrar kan orsaka cancer, se nedan.

Markradon förekommer i högst halter i hus belägna på grusåsar eller uranrik berggrund. Alunskiffer, vissa graniter och pegmatiter innehåller förhöjda uranhalter och avger därför mer radon än annan berggrund. I marken kan radongasen transporteras vidare med luft eller vatten. Normalt råder undertryck i byggnader vilket gör att gasen kan sugas upp genom sprickor eller andra håligheter i husgrunden.

I kallkällor eller bergborrade brunnar, som får sitt vatten från sprickor i berget, kan man få problem med höga radonhalter i hushållsvatten. Radonavgången från vatten till inomhusluft är den största hälsorisen. Vid duschning, tvätt eller disk avges större delen av radongasen till inomhusluften, vilket kan bidra till radonhalten inomhus.

Blåbetong, en viss typ av lättbetong eller gasbetong, har uranrik alunskiffer som huvudingrediens. Blåbetong har i stor utsträckning använts som byggnadsmaterial, främst för väggar men också för bjälklag. Blåbetong tillverkades under åren 1929-1975. Blåbetong ger betydligt högre avgång av radon till bostaden än andra byggnadsmaterial. Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) uppskattar att blåbetong har använts som byggnadsmaterial i cirka 400 000 bostäder i Sverige och att cirka en tiondel av alla svenskar bor i blåbetonghus.

1.2 Radonhalter i Sverige

Tre nationella undersökningar av bostadsradon har gjorts i Sverige.

1. I en studie av Pershagen m.fl., var syftet att undersöka sambandet mellan bostadsradon och risk för lungcancer. I en nationell studie av bostadsradon 1988-1992 gjordes mätningar i mer än 8000 svenska bostäder, vilka kan betraktas som representativa för bostadsbeståndet vid det tillfället (Pershagen m fl. (1994)). Radonhalten var approximativt log-normalfördelad med geometriska (GM) och aritmetiska (AM) medelvärden på 61 respektive 107 Bq/m³.

2. I ELIB-undersökningen gjordes under åren 1991-1992 fullständiga mätningar av radonhalten i totalt 1360 bostäder, varav 714 i småhus och 646 i lägenheter i flerbostadshus. Det aritmetiska medelvärdet för radonhalten i alla bostäder var 108 Bq/m³, för småhus 141 Bq/m³ och för lägenheter i flerbostadshus 75 Bq/m³ (Swedjemark m fl. (1993)).

3. I BETSI-studien (Boverket (2009)) gjordes 2007-2008 mätningar i cirka 1800 bostäder. Det aritmetiska medelvärdet för radonhalten i alla bostäder var 83 Bq/m³, för småhus 120 Bq/m³ och för lägenheter i flerbostadshus 55 Bq/m³ (Boverket (2010), data erhållna från Boverket).

Detaljer om urval m.m. i dessa studier beskrivs i avsnittet Material och metoder.

Cirka 400 000 bostäder har av SSM och Socialstyrelsen (SoS, www.socialstyrelsen.se) bedömts ha radonhalter över det nuvarande riktvärdet för bostäder (200 Bq/m³). Av detta skäl behöver radonhalterna sänkas i ett stort antal befintliga bostäder. Arbetet med radonsanering går dock långsamt. En av svårigheterna ligger i att få fastighetsägarna att mäta radon. Även om de får veta att de har för höga radonhalter är det inte säkert att de verkligen vidtar någon åtgärd.

1.3 Lungcancer och bostadsradon i Sverige

Radonexponering är näst efter tobaksrökning den vanligaste orsaken till lungcancer i Sverige. Den skattning som gjorts i vetenskapliga studier från senare år innebär att en ökning av radon-nivån i bostaden med 100 Bq/m³ motsvarar en ökning av den relativa risken för lungcancer med cirka 16 % (Lagarde m fl. (1997), Darby m fl. (2005)). SSM har bedömt att omkring 500 lungcancerfall per år orsakas av radon i bostäder med nuvarande bostadsradonnivåer, rökvanor och lungcancerincidens (Socialstyrelsen (2009), SSM 2011).

Cirka 90 % av dem som drabbas av lungcancer är rökare. Den relativa risken för icke-rökare är sannolikt ungefär densamma som för rökare, men då rökarna har en mycket högre bakgrundsrisk att få lungcancer, drabbas framför allt rökarna av den ökade lungcancer-risken vid höga radonhalter. I en europeisk studie hade den som röker 20 cigaretter per dag en cirka 25 gånger högre risk att få lungcancer än den som aldrig rökt (Darby m fl. (2005)).

Radonsänkande åtgärder i alla bostäder med radonhalter över 200 Bq/m³ har beräknats kunna spara 200 dödsfall i lungcancer per år (Strålsäkerhetsmyndigheten (2009)). SSM har även beräknat motsvarande siffra för de bostäder som har en radonhalt mellan 100 och 200 Bq/m³ och uppskattat den till 40 lungcancerfall per år (Boverket (2010)). Antal sparade liv har dock varit svårt att beräkna, framför allt p.g.a. osäkra uppskattningar av antal exponerade. Att inte börja röka är den effektivaste åtgärden att minska sin personliga risk att drabbas av lungcancer på grund av radon. Stråldoserna från radon i bostäder är avsevärt högre än från andra källor. Exponeringen i bostäder beräknas årligen motsvara en dos på 2 mSv (enhet för effektiv stråldos, millisievert mSv). I genomsnitt utsätts varje person i Sverige för en samlad årlig stråldos på cirka 4 mSv.

2. Syfte

Då bostadsradon innebär en icke obetydlig risk för lungcancer även vid radonhalter under nuvarande gränsvärde (200 Bq/m³) har de nordiska strålskyddsmyndigheternas och WHO nyligen rekommenderat att riktvärden för bostadsradon sätt till 100 Bq/m³ (WHO (2009)). Mot bakgrund av detta har SoS uppdragit åt Arbets- och Miljömedicin vid Göteborgs universitet att beräkna

- hur många människor som i dag är exponerade för radon i bostäder överstigande 200 Bq/m³ och hur många cancerfall som skulle undvikas om alla bostäder åtgärdades till en halt under 200 Bq/m³
- hur många befintliga bostäder som har en radonhalt i intervallet 100-200 Bq/m³, hur många människor som blir exponerade för radon i det intervallet och hur många cancerfall som skulle undvikas om alla bostäder inom intervallet 100-200 Bq/m³ åtgärdades till en halt under 100 Bq/m³

Dessa uppgifter ska ligga som grund för en konsekvensbedömning om Socialstyrelsen sänker sitt riktvärde till 100 Bq/m³ från nuvarande 200 Bq/m³ och hur stora de samhällsekonomiska kostnaderna skulle bli.

3. Material och metoder

Uppdraget förutsätter data om befolkningens exponering för bostadsradon samt kunskap om sambander mellan exponering och lungcancerrikt.

3.1. Exponering för radon

Datamaterial där urvalsenheten är bostäder kan användas om uppgifterna om bostädernas radonhalter kan kombineras med beräkningar av hur många personer som exponeras i olika typer av bostäder. Om urvalet har varit individer, kan uppgifterna användas direkt. I båda fallen krävs dock att urvalen är gjorda på ett sådant sätt att de kan "skalas upp" till nationell nivå genom data om folkmängd i olika geografiska områden – i allmänhet kommuner.

För beräkning av bostadsradon i Sverige för närvarande (2008) har använts data från BETSI-undersökningen. För beräkning av tidigare (1990) radonhalter har data från två andra undersökningar använts: mätningar gjorda av Statens strålskyddsinstitut (SSI) i samband med studien av Pershagen m. fl. samt data från ELIB-undersökningen. Nedan beskrivs dessa tre data-mängder:

A. BETSI-undersökningen genomfördes 2007-2008 och där gjordes mätningar i ca 1400 fastigheter (ca 1800 bostäder; i flerbostadshusen mättes i många fall två olika lägenheter) i 30 kommuner med ett liknande flerstegsurval som i ELIB (se nedan) med kommuner från 7 strata (Boverket (2009)). Förutom bostäder mättes även radon i andra typer av lokaler (bl a kontor,

butiker och restauranger). För att kunna använda dessa data för beräkning av boendes genomsnittliga bostadsradonhalt måste andelen boende i olika typer av bostäder skattas.

B. I studien av Pershagen och medarbetare insamlades mätdata från drygt 8000 svenska bostäder, under 1988-1992. Bostäderna hade bebotts av personer som drabbats av lungcancer eller av friska kontrollpersoner i motsvarande ålder. Dessa data har erhållits från SSM, med vissa kompletteringar från Institutet för miljömedicin (IMM), vid Karolinska Institutet i Stockholm. I studien gjordes urval av personer boende i kommuner, vilka bedömdes ha hög risk för inomhusradon (N=56) respektive låg risk (N=53), riskbedömningen gjordes utifrån tidigare mätningar, geologisk information och data över användningen av blå lättbetong som byggnadsmaterial (Pershagen m fl. (1994)). Storstäderna fanns ursprungligen inte med i urvalet, men eftersom man i studien önskade att kartlägga radonhalten i alla bostäder som dessa personer bott i under minst två år gjordes även många mätningar även i sådana kommuner som inte ingick i det primära urvalet, t.ex. Stockholm, Göteborg och Malmö. I 145 kommuner gjordes mätningar i minst tio bostäder. För att använda detta datamaterial för beräkning av nationell bostadsradonhalt kring 1990 måste viktning göras både för befolkning och för bostadstyp. Eftersom andel mätta bostäder i t.ex. Stockholm är lägre än Stockholms andel av befolkningen krävs att den genomsnittliga radonhalten i Stockholmsbostäder multipliceras med antal boende i Stockholm o.s.v. Och eftersom halterna är lägre i flerbostadshus måste man ta hänsyn till hur många som bodde i flerbostadshus respektive i villor, i varje kommun.

C. ELIB-undersökningen omfattade mätningar av radonhalt 1991-1992 i knappt 1400 bostäder varav ca 52 % i småhus och 48 % i lägenheter i flerbostadshus, Norlén and Andersson (1993). Dessa data har erhållits från Kjell Andersson, Arbets- och miljömedicin, Örebro, som deltog i ELIB-studien. I ELIB-studien (liksom i BETSI) var urvalsenheten alltså bostäder. I ett stratifierat flerstegsurval utifrån fyra temperaturzoner och sju H-regioner bildades 13 strata, varifrån valdes bostäder i 60 kommuner, på ett sådant sätt att resultaten skulle vara representativt för bostadsradon på nationell nivå (Högberg and Norlén (1991), Norlén and Andersson (1993)). För att kunna använda dessa data för beräkning av nationell bostadsradonhalt kring 1990 måste andel boende i olika typer bostäder skattas.

Dessutom har vid Arbets- och miljömedicin (AMM) i Göteborg under 2000-talet ett antal undersökningar av bostadsradon gjorts i bostäder hos slumpvis valda personer i åldern 20 - 60 år i följande kommuner: Stockholm, Uddevalla, Borås, Partille, Upplands-Väsby, Skövde, Väster- och Norrbotten samt Lysekil (Fagerström m fl. (2010), Larsson m fl. (2006), Andersson (2007), Molnár (2008), Andersson (2008), Ängerheim m fl. (2005), Larsson m fl. (2007), Törnström and Barregård (2004)). Här har urvalsenheten således varit personer. Eftersom mätningar gjordes i flera av dessa kommuner även i studien av Pershagen och medarbetare (Stockholm, Uddevalla, Upplands Väsby, Skövde, Väster- och Norrbotten, Lysekil), kan tidstrenden studeras och ge en uppfattning om bostadsradon på 2000-talet jämfört med 1990.

Det har även gjorts en hel del radonmätningar genom kommunernas försorg i olika kampanjer för att spåra bostäder med höga radonkoncentrationer. Man har då i allmänhet gjort riktade mätningar i vissa bostadsområden där man utifrån geologiska förhållanden, markradonmätningar eller kunskap om byggnadsmaterial kunnat anta att höga radonnivåer förekommer.

Ibland har man istället genom annonser gett allmänheten tillfälle att få hjälp med mätning av bostadsradon. Den typen av mätkampanjer kan inte användas för att skatta bostädernas genomsnittshalt, eftersom man får räkna med att de bostäder som mäts i dessa kampanjer inte är representativa för alla bostäder.

I det följande kommer att framgå att vi i huvudsak använder aritmetiska medelvärden i våra beräkningar. Eftersom fördelningen av radonhalter är approximativt log-normalfördelad (Almasri m fl. (2009)), ger det geometriska medelvärdet en bättre bild av "typvärdet" i ett område. Men lungcancerrisken i en population är baserad på populationsdosen, vilken beräknas utifrån det aritmetiska medelvärdet; till exempel är risken för lungcancer i en grupp på fyra personer med radonhalten 850, 50, 50 och 50 Bq/m³ lika hög som hos fyra personer där alla har en radonhalt om 250 Bq/m³.

3.2 Samband mellan exponering för radon och lungcancerrisk

Här har använts den riskuppskattning som nämnts i avsnitt 1.3, en linjär riskökning med 16 % vid ökning av bostadsradonhalten med 100 Bq/m³ (Lagarde et al. 1997, Darby et al. 2005).

3.3 Beräkningsmetoder

Beräkningarna gjorts enligt följande princip:

- A) Skatta bostadsradonhalt kring 1990
- B) Skatta antalet fall av lungcancer idag som beror på bostadsradonhalten 1990
- C) Ur B skatta förväntat antal lungcancerfall idag, om bostadshalten tidigare varit 0 Bq/m³
- D) Skatta antal framtida förväntade lungcancerfall utan radon (med oförändrad respektive minskad lungcancerförekomst till följd av rökning)
- E) Skatta bostadsradonhalt idag
- F) Ur D och E skatta antalet framtida lungcancerfall orsakade av dagens radonhalter
- G) Göra antagande om vilka bostadsradonhalter som uppnås efter åtgärder
- H) Skatta antalet framtida lungcancerfall orsakade av radon med dessa sänkta radonhalter
- I) Till slut skatta antalet förhindrade fall ur differensen H – F

Alla beräkningar har gjorts uppdelade på olika intervall av radonhalter. Slutligen har osäkerheten i beräkningarna värderats genom simuleringar utgående från dokumenterade eller antagna osäkerheter i varje steg.

4. Resultat

4.1 Befolkningsviktad radonexponering 2008 (data från BETSI-studien)

I BETSI-studien användes vikter som visade hur många bostäder som varje mätning motsvarade. Medelvärdet (AM) för småhus var 120 Bq/m³ och för flerbostadshus 55 Bq/m³. År 2010 är 44 % av bostäderna småhus och 56 % lägenheter i flerbostadshus. Situationen är den omvända när det gäller andelen boende – 57 % i småhus och 43 % i flerbostadshus (data från SCB: Statistiska centralbyrån, www.scb.se). En befolkningsviktad analys utifrån radonhalten och befolkningsmängden i olika strata visar en genomsnittlig (AM) radonhalt i befolkningen på 90 Bq/m³. Tabell 1 visar fördelningen av radonhalter inom olika intervall räknat på 2010 år befolkning (9.4 miljoner).

Tabell 1. Andel boende inom olika intervall av bostadsradonhalter. Radonhalterna enligt Boverkets BETSI-undersökning 2008, boendefördelningen (2010-01-01) utifrån data från SCB.

Radonhalt (Bq/m ³)	Andel (%)	Antal (tusental)
<50	54	5057
50 -100	21	1993
100 – 200	17	1551
100 - 150	10	921
150 – 200	7	630
200 – 400	6	517
>400	3	282

4.2 Beräknad radonexponering 1990 (data från tidigare studier)

4.2.1 Befolkningsviktad radonexponering 1990 (data från studien av Pershagen och medarbetare)

Radonexponeringen skattades genom att det aritmetiska medelvärdet i småhus respektive i lägenheter i varje kommun, multiplicerades med antalet boende i respektive bostadstyp i varje kommun (boendefördelning från år 1990 användes, specialbeställda data från SCB). För de kommuner där mätvärden saknades, användes en skattning. Räknat på hela materialet, saknades mätningar från drygt 40 kommuner (dessa kommuners befolkning utgjorde ca 4.6 % av Sveriges befolkning 1990) och för dessa kommuner antogs värdena 81 och 116 Bq/m³ (de viktade medelvärdena bland de mätta kommunerna). Om man istället utgick från de kommu-

ner där det fanns minst 10 mätningar totalt (120 kommuner, med 63 % av befolkningen 1990) så användes värdena 82 och 132 som ersättning för de kommuner som saknade mätningar.

Aritmetiskt medelvärde blir till 113 Bq/m³ (82 respektive 132 i flerbostadshus och småhus) med 1990 års fördelning på boende i olika bostadstyper i respektive kommun, om man använder enbart kommuner med totalt minst 10 mätningar. Om man istället använder alla data så skattas AM till 102 Bq/m³ (81 respektive 116 Bq/m³).

Andel personer boende i bostäder inom olika intervall av radonhalt framgår av tabell 2, för befolkningen 1990, 8.6 miljoner (utifrån 120 kommuner med minst 10 mätningar).

Tabell 2. Andel boende inom olika intervall av bostadsradonhalter enligt SSI-mätningar för en epidemiologisk studie av Pershagen m fl. 1988-1992. Radonhalterna baseras på de 120 kommuner där minst 10 mätningar gjordes, boendefördelningen 1990 utifrån data från SCB.

Radonhalt (Bq/m ³)	Andel (%)	Antal (tusental)
<50	27.6	2374
50 -100	26.8	2305
100 – 200	38.0	3268
100 - 150	34.7	2984
150 – 200	3.3	284
200 – 400	4.9	421
>400	2.7	232

4.2.2 Befolkningsviktad radonexponering 1990 enligt ELIB-studien

För småhus var AM 141 Bq/m³ och för flerbostadshus 75 Bq/m³ och i slutet av 1980-talet (1985 och 1989) bodde 60 % i småhus och 40 % i flerbostadshus (Norlén and Andersson (1993)). Den befolkningsviktade radonhalten 1990 kan skattas till 115 Bq/m³ (0.6*141+0.4*75). Fördelningen på bostadstyp har ändrats något sedan slutet av 1980-talet; år 2010 bor 56 % i småhus och 43 % i flerbostadshus (och 1 % i "övrigt", data från Statistiska centralbyrån).

4.3 Beräknat antal fall av lungcancer idag orsakade av tidigare radon-nivåer

Under den senaste 5-årsperioden har det i medeltal inträffat 3480 lungcancerfall per år i Sverige. Dessa är följden av förhållanden som rådde för 10-40 år sedan avseende bl.a. rökvanor och radonhalter eftersom lungcancer har en lång latenstid efter exponering för cancerframkallande faktorer.

Som nämnts ovan visar vetenskaplig forskning att riskökningen för lungcancer är cirka 16 % vid en ökning av bostadsradon med 100 Bq/m³. Om halten 113 Bq/m³ används som befolkningsmedelvärde för bostadsradon 1990 beräknas riskökningen därför som 1.13 x 16 % (ca 18 %). Utifrån det kan man skatta att 2947 fall borde ha inträffat om radonexponeringen varit 0 Bq/m³, dvs att 533 av dagens lungcancerfall orsakas av tidigare års radonexponering. Som framgått ovan finns viss osäkerhet om AM för bostadsradon 1990. En beräkning baserad på 105 Bq/m³ ger 501 fall medan 115 Bq/m³ ger 541 fall.

4.4 Beräknat antal framtida fall av lungcancer i olika radonintervall utifrån BETSI-data

4.4.1 Beräknat antal framtida fall av lungcancer med antagande om oförändrade radonnivåer

Vi börjar med att uppskatta hur många av framtida lungcancerfall som bör inträffa *utan radonexponering*. Som nämnts ovan; om AM för bostadsradon var 113 Bq/m³ år 1990 kan man beräkna att 2947 fall borde ha inträffat om radonexponeringen varit 0 Bq/m³, se Tabell 3A. Detsamma gäller antalet framtida lungcancerfall utan radonexponering, om den basala lungcancerincidensen är konstant. BETSI-data visar en befolkningsviktad genomsnittlig (AM) radonhalt av 90 Bq/m³ för år 2008. Med en riskökning för lungcancer med 16 % per 100 Bq/m³, skulle 90 Bq/m³ innebära en riskökning med drygt 14 %. Om inga andra förändringar har skett eller kommer att ske innebär det att 426 fall kommer att inträffa i framtiden på grund av dagens radonnivåer (Tabell 3A).

Siffran 426 är dock hypotetisk. Eftersom andelen någonsin-rökare (daglig-rökare och fd daglig-rökare) minskat från cirka 45 % till 41 % från 1990 till 2008, och antalet daglig-rökare från 26 % till 14 % (SCB) kan man anta att antalet lungcancerfall orsakat av rökning kommer att minska. Hos män minskade andelen daglig-rökare från 35 % 1980 till 14 % 2004. Incidensen av lungcancer hos män har minskat med cirka 15 % sedan 1990, medan den ökat med 75 % hos kvinnor. Dock har incidensen minskat kraftigt hos män i yngre åldersgrupper (mer än 50 % i åldergruppen 50-54 år). *Antalet* lungcancerfall har minskat under de allra senaste åren men är fortfarande högre än i slutet av 1990-talet. Det är svårt att beräkna hur stor minskningen kommer att bli om dagens rökvanor fortsätter. Om vi antar att dagens rökvanor förblir oförändrade – d.v.s. en minskad andel rökare jämfört med 1990 - skulle antalet lungcancerfall om 20 år (utan hänsyn till radonhalter) kunna minska med 10-20 %. Det hypotetiska antalet lung-

cancer utan radon om 20 år skulle då vara cirka 2500. Den siffran kan sedan användas som bas för att beräkna antalet fall av lungcancer orsakat av dagens radonhalter i olika intervall. Å andra sidan ökar antalet äldre personer på grund av lägre dödlighet i andra sjukdomar, vilket tenderar att öka antalet lungcancerfall.

Underlaget för tabell 3 redovisas i Appendix, tabell A1 och A2. Dessa tabeller redovisar beräkningar för olika scenarier – dels för en situation där lungcancerförekomsten förblir oförändrad (A1) och dels för situationen där totalt antal lungcancerfall är färre på grund av minskad andel rökare jämfört med 1990 (A2).

4.4.2 Beräknat antal framtida fall av lungcancer vid sänkta radonhalter

På liknande sätt kan man beräkna hur många lungcancerfall som i framtiden kan förhindras om dagens radonhalter inom olika intervall sänks. Resultaten framgår av tabell 3, under olika antagande om bakgrundstrenden för lungcancer utan hänsyn till radonhalter; oförändrad respektive sjunkande.

Om man skulle lyckas att åtgärda alla bostäder med radonhalter 100 – 200 Bq/m³ (1 551 000 boende) till en nivå motsvarande medelvärdet i nästa lägre intervall (69 Bq/m³) skulle 55 (24+31) lungcancerfall förhindras (46 om man antar sjunkande lungcancer-trend). Om genomsnittshalten endast sänks till exakt 100 Bq/m³ blir antalet förhindrade fall lägre, men detta är inte realistiskt. Av 55 förhindrade lungcancerfall skulle 31 fall kunna förhindras i bostäder i intervallet 150 – 200 Bq/m³ (630 000 boende). För en jämförelse redovisas i tabellen även att 119 lungcancerfall skulle förhindras om de bostäder som ligger över dagens riktvärde (200 Bq/m³, 799 000 boende) skulle åtgärdas till dagens medelnivå för intervallet 100 – 200 Bq/m³ (140 Bq/m³). Underlaget för beräkningarna redovisas i Appendix, tabell A3 och A4

Det bör noteras att vi talar om "framtida fall" när det gäller effekter av dagens radonexponering och effekten av åtgärder för att sänka radonhalterna. Det finns en latenstid innan åtgärder för att sänka radonhalterna överhuvudtaget får någon effekt. Det är inte känt om den radonrelaterade risken för en person att insjukna i lungcancer under ett visst kalenderår beror på kumulativ radondos under hela livet eller på radondosen under ett "tidsfönster", t ex 10-30 år före det aktuella kalenderåret. Under alla förhållanden kan åtgärder mot bostadsradon inte förväntas påverka lungcancer-risken under de första åren efter åtgärderna utan effekten kommer successivt och man når ett nytt "steady state" med full effekt först efter flera decennier (troligen efter 20-40 år).

Tabell 3. Radonhalter i bostäder, beräknat antal fall av lungcancer orsakade av radon samt antal framtida lungcancerfall som kan förhindras om medelradonhalten i bostäder sänks. Medelradonhalt per person har skattats till 113 Bq/m³ (1990, Pershagen-data) respektive 90 Bq/m³ (2008, BETSI-data), se kolumn "Alla". Riskökningen har antagits vara 16 % per 100 Bq/m³. Beräkningarna av antal fall av lungcancer baseras på 3480 lungcancerfall/år under år 2005-2009.

Antal förväntade fall *i framtiden* har beräknats med den radonhalt som var 2008 (90 Bq/m³) och antal framtida förhindrade lungcancerfall har beräknats under antagande om att medelradonhalten i bostäder med över 100 Bq/m³ sänks till 69 Bq/m³ (medelvärdet inom intervallet: 50 – 100 Bq/m³). Beräkningarna har gjorts under antagande om oförändrad respektive sjunkande bakgrundstrend för lungcancer.

För närmare detaljer, se appendix.

Radonintervall	<50	50-100	100-150	150-200	200-400	>400	Alla
Medelvärde Rn inom intervall år 1990	29	75	130	173	275	747	113
Beräknat antal fall idag orsakade av Rn år 1990	38	95	212	27	64	95	533
Medelvärde Rn inom intervall år 2008	29	69	122	166	277	725	90
<i>Förutsatt oförändrat antal fall per år</i>							
Antal framtida fall orsakade av radon	74	69	56	52	72	103	426
Antal framtida fall förhindrade vid sänkning av Rn>100 till 69 Bq/m ³	0	0	24	31	54	93	202
<i>Förutsatt att antal lungcancerfall är 15% lägre än idag</i>							
Antal framtida fall orsakade av radon	63	59	47	45	61	87	361
Antal framtida fall förhindrade vid sänkning av Rn>100 till 69 Bq/m ³	0	0	20	26	46	79	171

4.5 Tidstrender

4.5.1 Jämförelse av BETSI 2008 med ELIB 1990 och data från Pershagen-studien 1990

Som nämnts ovan, blir skattningen av den befolkningsviktade radonhalten 1990 enligt ELIB 115 Bq/m³ och enligt BETSI 90 Bq/m³ (se avsnitt 4.1). Det innebär en sänkning på nationell nivå med 22 %, mellan 1990 och 2008. I småhus har minskningen varit 15 % (141 till 120) och i flerbostadshus 27 % (75 till 55). Om man istället använder data från studien av Pershagen m. fl. för 1990 (113 Bq/m³) blir sänkningen också 22 %.

4.5.2 Jämförelse av enskilda kommuner med data från studien av Pershagen och senare data från AMM Göteborg

Som framgår av tabell 6 har radonmätningar gjorts hos slumpmässigt valda personer i sex kommuner/områden där det också finns data från studien av Pershagen (1994). I fyra fall har AM sjunkit och i två fall stigit. Den genomsnittliga sänkningen av AM är 12 % (median 25 %). Om Norrlandskommunerna inte tas med (få mätningar, skevt kommunurval) blir motsvarande siffror 27 % (AM) och 34 % (median).

Tabell 6. Radonhalter i bostäder enligt data från studien av Pershagen och data från AMMs undersökningar under 2000-talet

	Aritmetiskt medelvärde (AM)	Geometriskt medelvärde (GM)	Antal
Lysekil 2001	166	84	93
Lysekil 1990	148	100	35
Skövde 2004	146	75	106
Skövde 1990	313	175	135
Uddevalla 2004/2005	46	30	67
Uddevalla 1990	82	53	171
Norrland 2004/2005 (14 kommuner)	110 (viktat)	39 (viktat)	65
Norrland 1990 (14 kommuner)	67	37	65?
Borås 2005/2006	125	91	69
Borås 1990			13
Stockholm 2005/2006 och 2006/2007	64	38	108
Stockholm 1990	76	54	412
Partille 2006/2007	53	31	50
Partille 1990			11
Upplands-Väsby 2007	128	73	49
Upplands-Väsby 1990	194	120	30

5. Diskussion

En kvantitativ bedömning av hur många fall av lungcancer som orsakas av radon i Sverige baseras på a) exponeringen (antal exponerade inom olika intervall av Rn-halt i bostaden) och b) exponerings-respons sambandet (riskökningen vid en viss bostadsradonhalt jämför med en annan, lägre halt). Om man har kunskap om rökvanor hos en population, kan man även skatta risken separat med hänsyn till detta. Som framgått i föregående avsnitt måste man även ta hänsyn till den latenstid som finns mellan radonexponering och lungcancer samt eventuella tidstrender för alla lungcancerfall som hade inträffat oberoende av Rn-exponering.

I denna rapport har vi 1) beräknat hur många fall av lungcancer som just nu kan antas orsakas av bostadsradon. Vi gör den beräkningen utifrån uppskattad Rn-exponering för 20 år sedan (kring 1990), statistik över antal lungcancerfall som inträffar idag samt exponerings-respons sambandet (16 % riskökning per 100 Bq/m³ bostadsradon enligt Darby 2005). Vi beräknar att cirka 500 (punktskattning 533) av cirka 3400 lungcancerfall per år beror på tidigare Rn-exponering.

Vidare har vi 2) beräknat hur många fall av lungcancer som kan förväntas inträffa i framtiden (om 20 år eller i en ännu senare framtid) till följd av dagens bostadsradonhalter (från BETSI 2008). Samma exponerings-respons-samband används. Här ger vi två alternativ beroende på om tidstrenden för lungcancer utan Rn är stabil eller i sjunkande. Vi beräknar att om dagens Rn-exponering förblir oförändrad kommer den att orsaka cirka 400 lungcancerfall om 20 år (punktskattning 426 respektive 361 beroende på antagande om bakomliggande tidstrend för lungcancer).

Till slut har vi 3) beräknat hur många framtida lungcancerfall som kan förhindras om dagens bostadsradonhalter sjunker. Eftersom det har betydelse hur mycket Rn-halterna ska antas sjunka har vi använt flera alternativ i dessa räkneexempel. Det var denna frågeställning som Socialstyrelsen bad oss besvara, och särskilt då intervallet 100 – 200 Bq/m³. Men för att kunna göra beräkningen var det nödvändigt att först bearbeta punkt 1) och 2) ovan. Om halten sjunker till 69 Bq/m³ (medelhalten inom intervallet 50 – 100 Bq/m³) förhindras cirka 50 fall av lungcancer varje år (punktskattning 55 respektive 46 fall per år beroende på antagande om stabil eller sjunkande tidstrend för lungcancer). Om Rn-halten i alla bostäder med >200 Bq/m³ skulle sänkas till 140 Bq/m³ skulle cirka 110 framtida lungcancerfall förhindras varje år (punktskattning 121 respektive 103 fall per år).

5.1 Begränsningar och osäkerheter

Det finns en osäkerhet i skattning av radonhalter kring 1990; standardfelet (standard error, SE) för medelvärdet 113 Bq/m³ (se avsnitt 4.3) är 4 Bq/m³. Det finns en osäkerhet även i exponerings-responsfunktionen (16 % riskökning per 100 Bq/m³). I studien av Darby (2005) var 95 % konfidensintervallet 5-31 % riskökning. Vi har, som huvudansats, valt att hålla exponerings-responsfunktionen fix, vilket även gjorts i andra studier (Gray m fl. (2009)). Dessa två faktorer

styr beräkningen av antalet lungcancerfall som idag orsakas av tidigare Rn-halter och därmed "bakgrundsincidensen" (utan Rn) av lungcancer.

Osäkerheten av skattningen av dagens nivåer av bostadsradon baseras på BETSI-data. I BETSI var det beräknade nationella aritmetiska medelvärdet 90 Bq/m^3 med SE 4 Bq/m^3 . Inom intervallen $100 - 150 \text{ Bq/m}^3$ och $150 - 200 \text{ Bq/m}^3$ är SE 1.5 Bq/m^3 . Osäkerheten när det gäller tidstrenden för lungcancer har vi redan tagit hänsyn till genom att redovisa två scenarier. Om rökvanorna fortsätter att minska har vi överskattat antalet lungcancerfall (utan radon) om 20 år. Vårt huvudalternativ när det gäller antagande om vilken genomsnittlig radonhalt man uppnår efter åtgärd av bostäder inom intervallet $100 - 200 \text{ Bq/m}^3$ (vårt antagande 69 Bq/m^3) är också osäkert, men vi väljer här ett fixt antagande.

Punktskattningen av antalet förhindrade fall av lungcancer vid åtgärder av bostäder inom intervallet $100 - 200 \text{ Bq/m}^3$ var cirka 50 fall (46 eller 55 beroende på antagande om tidstrend). Vid simuleringar ($N=10000$) av fördelningen av antal förhindrade fall av lungcancer är osäkerheten liten. Ett 95 % konfidensintervall omfattar punktskattningen $\pm 2 \text{ Bq/m}^3$. Om vi introducerar en betydande osäkerhet i ER-funktionen innebär det också en betydande osäkerhet i skattningen av antalet förhindrade lungcancerfall.

Studien av Gray (2009) beräknade kostnaden för att förhindra radonorsakade lungcancerfall i England. Man använde här generellt punktskattningarna – både för medelradonhalter och ER-risk. Man antog att både radonhalter och tidstrend för lungcancertidstrend var stabila.

5.2 Sjunkande trend

Som nämnts i avsnitt 4.5.1 tycks medelradonhalten, räknat per boende, år 2008 vara drygt 20 % lägre än år 1990. Flera orsaker kan ha bidragit till detta:

- fördelningen småhus/flerfamiljshus
- radonsäkert nybyggande
- radonsanering
- förbättrad ventilation
- urbanisering

Andelen småhus (som har högre genomsnittliga radonhalter än flerfamiljshus) har minskat något, vilket kan ha viss betydelse, men en överslagsberäkning visar att detta endast skulle ge en minskning på cirka 2 %.

Minskningen tycks ha varit större i flerfamiljshus än i småhus (se avsnitt 4.5.1). En möjlig förklaring är att ventilationen förbättrats i dessa i högre utsträckning än i småhus, där omsorgen om de egna uppvärmningskostnaderna är större.

Sedan 1990 har byggts cirka 490 000 nya bostäder i småhus eller flerfamiljshus (SCB 2012), medan cirka 40 000 har rivits. Det betyder att cirka 10 % av nuvarande bostadsbeståndet är

nybyggt sedan 1990. Om vi antar att genomsnittlig Rn-halt i bostäder byggda efter 1990 är hälften av den som förelåg 1990 skulle det orsaka en sänkning av medelnivån med 5 %.

Enligt radonutredningen 2001 (SOU 2001) hade då cirka 25 000 bostäder radonsanerats, varav en del före 1990. Om vi som ett räkneexempel antar att 35 000 bostäder radonsanerats mellan 1990 och 2008 (2000 per år) och att genomsnittlig radonhalt i dessa reducerades från 800 Bq/m³ till 200 Bq/m³ (se SOU 2001 för uppgift om vilka halter som uppnåtts efter sanering), skulle det innebära en sänkning av medelradonhalten i landets bostäder med cirka 4 %.

Ovan nämnda faktorer skulle kunna förklara cirka hälften av sänkningen av medelradonhalt. Det är möjligt att förbättrad ventilation skulle kunna förklara resten av sänkningen.

Om man antar att medelradonhalten i städerna är lägre än på landsbygden, åtminstone när det gäller storstäderna Stockholm, Göteborg och Malmö, skulle effekten av urbanisering bli en sänkning av medelradonhalter för boende. Vi saknar dock underlag för att diskutera vilken betydelse detta kan ha haft.

5.3 Samhällskostnader

Vi har ingen specifik kompetens för samhällsekonomiska bedömningar. Boverket har emellertid gjort en översiktlig sådan bedömning i sin kompetensanalys 2010. När det gäller befintliga bostäder antog man att 1,3 miljoner boende i 400 000 småhus och 230 000 lägenheter i flerbostadshus har en radonnivå i intervallet 100-200 Bq/m³. Man uppskattade att radonsanering skulle kunna spara 40 lungcancerfall per år. Kostnaden beräknades till 1.5 – 1.9 miljarder kr/år (2400 – 3000 kr per bostad och år). Värdet av ett "statistiskt liv" angavs till 22 miljoner kr, vilket är den siffra som brukar användas t.ex. när man vill förebygga dödsfall i vägtrafiken. Slutsatsen blev att kostnaden per "statistiskt liv" skulle bli cirka 40 miljoner kr (1.5 miljarder/40 = 37.5 miljoner och 1.9 miljarder/40 = 47.5 miljoner) och att kostnaden därför är större än "nyttan".

Data i denna rapport ger ett bättre underlag för en grov samhällsekonomisk bedömning av den typ som Boverket gjort. Vi beräknar att 1.55 miljoner boende bor i bostäder inom intervallet 100 – 200 Bq/m³ och att cirka 50 framtida lungcancerfall (46-55, se ovan) förhindras varje år om åtgärder vidtas i dessa bostäder. Cirka 30 av dessa fall (26-31, se tabell 4A och 4B) beräknas inträffa i intervallet 150 – 200 Bq/m³, som omfattar 41 % av boende inom intervallet 100 – 200 Bq/m³. Enligt Boverkets beräkning har 630 000 bostäder radonhalter inom intervallet 100 – 200 Bq/m³, vilket skulle innebära 258 000 bostäder i intervallet 150 – 200 Bq/m³ och en kostnad av 620 – 770 miljoner per år eller 21 - 26 miljoner kr per sparat liv. I intervallet 100 – 150 Bq/m³ bli kostnaden per sparat liv högre.

Som jämförelse kan nämnas att med samma typ av grova beräkningar skulle cirka 110 (100 – 119, se tabell 4A och 4B) årliga lungcancerfall kunna förhindras vid åtgärder i 330 000 bostäder som sänker radonhalten till värden under nuvarande gränsvärde på 200 Bq/m³. Om kostnaden

är 2400 – 3000 kr per bostad innebär det 790 – 990 miljoner kr eller cirka 7 miljoner kr per sparat liv.

Alla överlagsberäkningar av denna typ är grova. Hänsyn måste tas till fördelning småhus/lägenheter i flerbostadshus, andel bostäder med radon från mark respektive byggnads-material m.m. Men att kostnaden per sparat liv blir lägre vid högre radonhalter (och därmed högre risk) är förstås en slutsats som kan anses självklar redan på förhand.

Appendix

Tabell A1. Radonhalter i bostäder och beräknat antal fall av lungcancer orsakade av radon i olika intervall. Medelradonhalt per person har skattats till 113 Bq/m³ (1990, Pershagen-data) respektive 90 Bq/m³ (2008, BETSI-data), se kolumn "Alla". Riskökningen har antagits vara 16 % per 100 Bq/m³. Beräkningarna av antal fall av lungcancer i olika intervall baseras på 3480 lungcancerfall/år under år 2005-2009 (kolumnen "Alla").

Förväntat antal fall *idag*, förutsatt att radonhalten var noll tidigare, beräknas till 2947 fall (dessa har sedan fördelats på intervall i proportion till befolkning).

Förväntat antal fall *i framtiden*, med den radonhalt som var 2008 (90 Bq/m³), beräknas till 3373.

Beräkningarna har gjorts under antagande om en oförändrad bakgrundsincidens av lungcancer.

Radonintervall	<50	50-100	100-150	150-200	200-400	>400	Alla
Medelvärde Rn inom intervall år 1990	29	75	130	173	275	747	113
Riskökning (%)	4.6	12.1	20.8	27.8	43.9	120	18
Andel befolkning år 1990 (%), se Tabell 2	27.6	26.8	34.7	3.3	4.9	2.7	100
Förväntat antal fall 2008 om Rn-halten år 1990 varit 0	814	790	1023	97	144	80	2947
Beräknat antal fall 2008 vid medelhalt Rn = 113 Bq/m ³ år 1990	852	885	1235	124	208	175	3480
Beräknat antal fall idag orsakade av Rn år 1990	38	95	212	27	64	95	533

Medelvärde Rn inom intervall år 2008	29	69	122	166	277	725	90
Riskökning (%)	4.6	11.0	19.5	26.5	44.4	116	14.4
Andel befolkning år 2008 (%), se Tabell 1	53.8	21.2	9.8	6.7	5.5	3.0	100
Förväntat antal framtida fall om Rn-halten år 2008 varit 0	1586	625	289	198	162	88	2947
Beräknat antal framtida fall vid medelhalt Rn=90 Bq/m ³ år 2008	1659	694	345	250	234	191	3373
Antal framtida fall orsakade av radon	74	69	56	52	72	103	426

Tabell A2. Radonhalter i bostäder och beräknat antal fall av lungcancer orsakade av radon i olika intervall. Medelradonhalt per person har skattats till 113 Bq/m³ (1990, Pershagen-data) respektive 90 Bq/m³ (2008, BETSI-data). Riskökningen har antagits vara 16 % per 100 Bq/m³. Grunddata är samma som i Tabell 3A, men vi har här antagit att tidstrenden för lungcancer är i sjunkande (utan hänsyn till radonhalt) och att antalet fall om 20 år är 15 % lägre än idag.

Radonintervall	<50	50-100	100-150	150-200	200-400	>400	Alla
Medelvärde Rn inom intervall år 1990	29	75	130	173	275	747	113
Riskökning (%)	4.6	12.1	20.8	27.8	43.9	120	18
Andel befolkning år 1990 (%), se Tabell 2	27.6	26.8	34.7	3.3	4.9	2.7	100
Förväntat antal fall 2008 om Rn-halten år 1990 varit 0	814	790	1023	97	144	80	2947
Beräknat antal fall 2008 vid medelhalt Rn = 113 Bq/m ³ år 1990	852	885	1235	124	208	175	3480
Beräknat antal fall idag orsakade av Rn år 1990	38	95	212	27	64	95	533

Medelvärde Rn inom Intervall år 2008	29	69	122	166	277	725	90
Riskökning (%)	4.6	11.0	19.5	26.5	44.4	116	14.4
Andel befolkning år 2008 (%), se Tabell 1	53.8	21.2	9.8	6.7	5.5	3.0	100
Förväntat antal framtida fall om Rn-halten år 2008 varit 0	1348	531	246	168	138	75	2506
Beräknat antal framtida fall vid medelhalt Rn=90 Bq/m ³ år 2008	1410	590	293	212	199	162	2867
Antal framtida fall orsakade av radon	63	59	47	45	61	87	361

Tabell A3. Antal framtida lungcancerfall som kan förhindras om medelradonhalten i bostäder med över 100 Bq/m³ sänks till 100 eller 69 Bq/m³ (medelvärde inom intervallet: 50 – 100 Bq/m³). För bostäder >200 Bq/m³ anges även antal förhindrade fall om halten sänks till 140 Bq/m³ (medelvärde inom intervallet 100 – 200 Bq/m³). Riskökningen har antagits vara 16 % per 100 Bq/m³. Vi har här antagit en oförändrad bakgrundsincidens av lungcancer.

Radonintervall	<50	50-100	100-150	150-200	200-400	>400	Alla
Andel befolkning år 2008 (%), se Tabell 1	53.8	21.2	9.8	6.7	5.5	3.0	100
Förväntat antal framtida fall om Rn-halten år 2008 varit 0	1586	625	289	198	162	88	2947
Beräknat antal framtida fall med Rn-halt 90 Bq/m ³	1659	694	345	250	234	191	3373
Antal framtida fall orsakade av radon	74	69	56	52	72	103	426
Beräknat antal framtida fall vid sänkning av Rn till 100 Bq/m ³	1659	694	335	229	188	103	3208
Antal framtida fall orsakade av radon vid sänkning till 100 Bq/m ³	74	69	46	32	26	14	260
Antal framtida fall förhindrade vid sänkning av Rn till 100 Bq/m ³	0	0	10	21	46	88	165
Beräknat antal framtida fall vid sänkning av Rn >100 Bq/m ³ till 69 Bq/m ³	1659	694	321	219	180	98	3171
Framtida fall orsakade av radon vid sänkning av Rn >100 Bq/m ³ till 69 Bq/m ³	74	69	32	22	18	10	224
Antal framtida fall förhindrade vid sänkning av Rn >100 till 69 Bq/m ³	0	0	24	31	54	93	202
Antal framtida fall förhindrade vid sänkning av Rn >200 till 140 Bq/m ³	0	0	0	0	36	83	119

Tabell A4. Antal framtida lungcancerfall som kan förhindras om medelradonhalten i bostäder med över 100 Bq/m³ sänks till 100 eller 69 Bq/m³ (medelvärde i intervallet 50 – 100 Bq/m³). För bostäder >200 Bq/m³ anges antal förhindrade fall om halten sänks till 140 Bq/m³ (medelvärdet i intervallet 100 – 200 Bq/m³). Grunddata är samma som i Tabell 4A, men här har antagits en sjunkande tidstrend för lungcancer och att antalet fall (utan hänsyn till radonhalt) i framtiden är 15 % lägre än idag.

Radonintervall	<50	50-100	100-150	150-200	200-400	>400	Alla
Andel befolkning år 2008 (%), se Tabell 1	53.8	21.2	9.8	6.7	5.5	3.0	100
Förväntat antal framtida fall om Rn-halten år 2008 varit 0	1348	531	246	168	138	75	2506
Beräknat antal framtida fall med Rn-halt 90Bq/m ³	1410	590	293	212	199	162	2867
Antal framtida fall orsakade av radon	63	59	47	45	61	87	361
Beräknat antal framtida fall vid sänkning av Rn till 100 Bq/m ³	1410	590	285	195	160	87	2727
Antal framtida fall orsakade av radon vid sänkning till 100 Bq/m ³	63	59	39	27	22	12	221
Antal framtida fall förhindrade vid sänkning av Rn till 100 Bq/m ³	0	0	8	18	39	75	140
Beräknat antal framtida fall vid sänkning av Rn >100 Bq/m ³ till 69 Bq/m ³	1410	590	273	186	153	83	2696
Framtida fall orsakade av radon vid sänkning av Rn>100 Bq/m ³ till 69 Bq/m ³	63	59	27	19	15	8	190
Antal framtida fall förhindrade vid sänkning av Rn>100 till 69 Bq/m ³	0	0	20	26	46	79	171
Antal framtida fall förhindrade vid sänkning av Rn>200 till 140 Bq/m ³	0	0	0	0	30	70	101

Referenser

Almasri, A., Andersson, E. M. and Barregård, L. (2009). A study of residential radon in Sweden using multilevel analysis. *Health Physics* 96(4): 442-449.

Andersson, E. (2007). Radonhalter i bostäder i Borås kommun. Rapportserie VMC. Västra Götalandsregionens miljömedicinska centrum, Göteborg.
<http://www.sahlgrenska.se/sv/SU/Omraden/6/arbetsochmiljomedicin/VMC/Miljomedicinska-utredningar-och-rapporter/>

Andersson, E. (2008). Radonhalter i bostäder i Upplands-Väsby kommun. Rapportserie VMC. Västra Götalandsregionens miljömedicinska centrum, Göteborg.
<http://www.sahlgrenska.se/sv/SU/Omraden/6/arbetsochmiljomedicin/VMC/Miljomedicinska-utredningar-och-rapporter/>

Boverket (2009). Statistiska urval och metoder i Boverkets projekt BETSI. Boverket, Karlskrona.
<http://www.boverket.se/Om-Boverket/Webbokhandel/Publikationer/2010/Statistiska-urval-och-metoder-i-Boverkets-projekt-BETSI/>

Boverket (2010). Radon i inomhusmiljön - en konsekvensanalys av att införa WHO's nya rekommendationer på radonvärden. Boverket, Karlskrona.
<http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2011/Radon%20i%20inomhusmilj%c3%b6n.pdf/>

Darby, S., Hill, D., Auvinen, A., Barros-Dios, J. M., Baysson, H., F. B., Deo, H., Falk, R., Forastiere, F., Hakama, M., Heid, I., Kreienbrock, L., Kreuzer, M., Lagarde, F., Makelainen, I., Muirhead, C., Oberaigner, W., G. P., Ruano-Ravina, A., Ruosteenoja, E., Rosario, A. S., Tirmache, M., Tomasek, L., Whitley, E., Wichmann, H. E. and Doll, R. (2005). Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. *British Medical Journal* 330(7485): 223.

Fagerström, P., Molnár, P. and Barregård, L. (2010). Radonhalter i bostäder i Stockholms kommun. Rapport från Sahlgrenska akademien. Göteborgs universitet, Göteborg.
<http://www.sahlgrenska.se/sv/SU/Omraden/6/arbetsochmiljomedicin/VMC/Miljomedicinska-utredningar-och-rapporter/>

Gray, A., Read, S., McGale, P. and Darby, S. (2009). Lung cancer deaths from indoor radon and the cost effectiveness and potential of policies to reduce them. *BMJ* 338(7688): a3110.

Högberg, H. and Norlén, U. (1991). De statistiska urvalen i 1991 års energi- och inneklimatundersökning (ELIB-rapport nr 1). Statens institut för byggnadsforskning, Gävle.

Lagarde, F., G. P., Åkerblom, G., Axelson, O., Bärverstam, U., Damber, L., Enflo, A., Svartengren, M. and Swedjemark, G. A. (1997). Residential radon and lung cancer in Sweden: Risk analysis accounting for random error in the exposure assessment. *Health Physics Society* 72: 269-276.

Larsson, E., Andersson, E. and Barregård, L. (2006). Radonhalter i Uddevalla kommun. Rapportserie VMC. Västra Götalandsregionens miljömedicinska centrum, Göteborg.

<http://www.sahlgrenska.se/sv/SU/Omraden/6/arbetsochmiljomedicin/VMC/Miljomedicinska-utredningar-och-rapporter/>

Larsson, E., Andersson, E. and Barregård, L. (2007). Radonhalter i bostäder i Västerbottens och Norrbottens län. Rapportserie VMC. Västra Götalandsregionens miljömedicinska centrum, Göteborg.

<http://www.sahlgrenska.se/sv/SU/Omraden/6/arbetsochmiljomedicin/VMC/Miljomedicinska-utredningar-och-rapporter/>

Molnár, P. (2008). Radonhalter i bostäder i Partille kommun. Rapportserie VMC. Västra Götalandsregionens miljömedicinska centrum, Göteborg.

<http://www.sahlgrenska.se/sv/SU/Omraden/6/arbetsochmiljomedicin/VMC/Miljomedicinska-utredningar-och-rapporter/>

Norlén, U. and Andersson, K. (1993). Bostadsbeståndets inneklimat (ELIB-rapport nr 7). Statens institut för byggnadsforskning, Gävle.

Pershagen, G., Åkerblom, G. and Axelsson, O. (1994). Residential radon exposure and lung cancer in Sweden. *New England Journal of Medicine* 330: 159-164.

Socialstyrelsen (2009). Miljöhälsorapport. www.socialstyrelsen.se

Strålsäkerhetsmyndigheten (2009). Recommendations for radon in dwellings in the Nordic countries: Background. Strålsäkerhetsmyndigheten, STUK, Sundhedsstyrelsen, Statens strålevern, Icelandic radiation safety authority

<http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/Global/Pressmeddelanden/2009/Background%20slutversion.pdf/>

Swedjemark, G., Melander, H. and Mjönes, L. (1993). Radon. In Bostadsbeståndets inneklimat (ELIB-rapport nr 7). I. Norlén and K. Anderssons: I. Norlén and K. Andersson. Statens institut för byggnadsforskning. Gävle, Sweden

Törnström, G. and Barregård, L. (2004). Radonexponering i Lysekil - allmänbefolkningens exponering för radon i Lysekils kommun år 2001 och risk för lungcancer - ett miljöövervakningsprojekt. Rapporter Länsstyrelsen Västra Götaland. Länsstyrelsen i Västra Götalands län, Göteborg.

WHO (2009). WHO Handbook on indoor radon. A Public Health Perspective, World Health Organization. http://www.who.int/ionizing_radiation/env/9789241547673/en/

Ängerheim, P., Larsson, E., Wilhelmsson, K.-Å. and Barregård, L. (2005). Radonhalter i bostäder i Skövde kommun. Rapportserie VMC. Västra Götalandsregionens miljömedicinska centrum, Göteborg.

<http://www.sahlgrenska.se/sv/SU/Omraden/6/arbetsochmiljomedicin/VMC/Miljomedicinska-utredningar-och-rapporter/>