

Drikkevannsledninger av asbest og mulig kreftrisiko

Rapport 2007:3
Nasjonalt folkehelseinstitutt

Tittel:

Drikkevannsledninger av asbest og mulig kreftrisiko

Publisert av :

Nasjonalt folkehelseinstitutt
Postboks 4404 Nydalen
NO-0403
Norway

Tel: 22 04 22 00

E-mail: folkehelseinstituttet@fhi.no

www.fhi.no

Design:

Per Kristian Svendsen

Forsidebilde:

øimagesource/H₂O

Trykk:

Nordberg Trykk AS

Opplag:

2000

Bestilling:

publikasjon@fhi.no

Fax: +47-23 40 81 05

Tel: +47-23 40 82 00

ISSN 1503-1403

ISBN 978-82-8082-189-8 trykt utgave

ISBN 978-82-8082-190-4 elektronisk utgave

Innhold

Sammendrag	7
Innledning	8
Arbeidsgruppens sammensetning	8
Mandat	8
Bakgrunn	8
Omfang av ledningsnett med asbestsementledninger	9
Antall forsynte fra asbestholdige drikkevannsledninger	9
Bruk av asbestsement i norsk drikkevannsforsyning	9
Tidsaspekter vedrørende asbestholdige drikkevannsledninger	10
Oppsamling av susterne vann fra eternittak	10
Kort om asbestfibrer og deres anvendelse	11
IVAR-undersøkelsen	11
Eksponeringsforhold	11
Fyrvokterundersøkelsen	12
Korttidsstudier (opptak/fordeling)	13
Langtidsstudier	13
Mekanismestudier	13
Eksperimentelle studier av oral eksponering for asbestfibrer	13
Eksperimentelle studier av oral eksponering for asbestfibrer	13
Studier	15
Epidemiologiske studier av oral eksponering for asbestfiber	15
Konklusjon	17
Vurdering og konklusjon	17

1 Sammen drag

Det er 2 439 000 personer tilknyttet 369 vannverk i Norge med asbestsement i ledningsnett. Det er bare en del av disse personene som er forsynt med vann som har passert gjennom asbestsementledninger, 1 213 vannverk med forsyning til 1 334 000 personer har ikke asbestsementledninger. Det legges til grunn for denne vurderingen at 600 000 personer er eksponert for asbestfibrer fra drikkevann i vårt land. Antallet kilometer asbestsementledninger i norske vannverk har blitt langsamt redusert, fra nær 6 000 til ca 3 000 km i 2005. Kostnaden ved utskiftning av ca 3 000 km asbestsementledninger er anslått til minst 3 til 4,5 milliarder kroner. Innånding av asbestfibrer er sikkert vist å være kreftfremkallende, både i befolkningsstudier og i forsøk med dyr. Eksperimentelle studier der forsøksdyr er blitt føret med forskjellige typer asbestfibrer, har imidlertid ikke gitt sikre holdepunkter for kreftutvikling. I andre undersøkelser er det ikke klarlagt om asbestfibrer kan tas opp fra mage-tarmkanalen, i den grad det skjer anses andelen som svært liten. Verdens helseorganisasjon konkluderte i 2003 med at asbest i drikkevann har vært

studert i mange epidemiologiske undersøkelser, men at det ikke er noen overbevisende resultater som viser økt helseisiko. En nyere norsk oppfølgingsundersøkelse av fyrvoktere som har konsumert susterne vann fra eternittak, avdekket at yrkesgruppen hadde vært eksponert for meget høye asbestfiber-konsentrasjoner (2 000-70 000 millioner fibrer per liter med et gjennomsnitt på 36 000 millioner fibrer per liter). Studien ga holdepunkter for en sammenheng mellom asbest i drikkevann og kreft i magesekken, med en anslått tilleggsrisiko i størrelsesorden 2,5 tilfeller per 100 eksponerte.

Dersom den rapporterte risikoøkningen i fyrvokterundersøkelsen legges til grunn, er det beregnet at inntak av asbest gjennom drikkevann fra asbestsementledninger i vanlig norsk drikkevannsforsyning, kan ha gitt 0,12-0,16 tilfeller av kreft i magesekken per år, med en usikkerhet i anslaget fra 0 til 2 tilfeller. Dette utgjør maksimalt 0,4 prosent av alle tilfeller av kreft i magesekken registrert i vårt land i 2004.

Innledning

Problemstillingen asbesteksponering fra drikkevannsledninger og mulig kreftrisiko har vært oppe til diskusjon ved flere anledninger de siste 20-30 år. Omtrent 3 000 km av landets drikkevannsledninger er laget av asbestsement og brukes i 369 forskjellige vannverk i vårt land. Folkehelsa (nå Folkehelseinstituttet) oppsummerte i 1995 daværende viten om problemstillingen i et faktaark (Folkehelsa, 1995), blant annet på bakgrunn av en studie utført av Kreftregisteret og Folkehelsa vedrørende asbesteksponering hos fyrvoktere som brukte susterne vann oppsamlet fra eternittak (Andersen og medarbeidere 1993). Instituttet har også avgitt innspill i 1998 og 1999 til Sosial- og helsedepartementet i forbindelse med spørsmål i Stortinget til helseministeren om drikkevannsledninger av asbestsement og mulig kreftrisiko.

Problemstillingen om drikkevannseksponering for asbest og mulig kreftrisiko er nylig aktualisert ved en studie publisert av Kreftregisteret der man har fulgt opp kohorten av fyrvoktere. Blant de fyrvoktere som sikkert hadde asbesteksponering og var fulgt opp i minst 20 år, fant man en økt risiko for kreft i magesekken (Kjærheim og medarbeidere, 2005). Det ble referert til denne studien i et svensk TV-program (Rapport, fredag 31. mars 2006) og i Dagbladet 4. april 2006. Instituttleder møtet på Folkehelseinstituttet besluttet 7. april 2006 å nedsette en arbeidsgruppe til å foreta en gjennomgang og oppdatering av kunnskapsgrunnlaget for å vurdere helserisiko knyttet til asbesteksponering fra drikkevann.

Arbeidsgruppens sammensetning

Erik Dybing, Divisjon for miljømedisin (leder)
Jan Alexander, Divisjon for miljømedisin
Truls Krogh, Divisjon for miljømedisin
Ragna Bogen Hetland, Divisjon for miljømedisin
Hein Stigum, Divisjon for epidemiologi
Bjørn V. Johansen, Universitetet i Oslo

Mandat

1. Presentere vurderingen om asbest og helserisiko gjengitt i WHO Drinking Water Guidelines
2. Innhente, gjennomgå og vurdere dokumentasjon fremkommet etter at WHO publiserte sin siste gjennomgang av drikkevannseksponering for asbest og helserisiko
3. Foreta en risikovurdering vedrørende oral asbesteksponering fra konsum av drikkevann og kreftrisiko
4. Oppdatere instituttets faktaark 'Asbestinformasjon' av 1995 og legge dette ut på instituttets hjemmesider

Omfang av ledningsnett med asbestsementledninger

Til vannverksregisteret ved Nasjonalt folkehelseinstitutt er det for årsskiftet 2005/2006 innrapportert 369 vannverk med asbestsementledninger (av totalt 1 582 vannverk). Asbestsementledningenes lengde er til sammen 2 980 km mens det totale ledningsnett ved disse vannverkene er 27 983 km. Den samlede ledningslengden for alle norske vannverk er 47 930 km. Dette tilsier at asbestsementledningene utgjør ca 6,2 % av det norske vannledningsnett, mens det utgjør ca 10,6 % ved de vannverkene som har asbestsementledninger.

En viss del av asbestsementledningene ble levert med bitumenbeskyttelse på innsiden. Bitumen var påført for å hindre at vannet skulle korrodere bort sementen og derved svekke rørenes holdbarhet. Det er rapportert forskjell på kvaliteten på beleggene i rørene. Noen steder løsnet belegget forholdsvis fort, mens andre steder synes belegget fremdeles å være intakt. Det er ikke gjennomført systematiske undersøkelser over hvilke rør som har hatt belegg, hvordan levetiden på beleggene har variert mellom forskjellige fabrikkmerker, eller hvilke andre forhold som har påvirket levetiden på beleggene. Disse opplysningene gjelder for den delen av ledningsnett som eies av vannverkene, og omfatter ikke private stikkledninger. Instituttet er ikke kjent med at det har vært benyttet asbestsementrør i private stikkledninger.

Antall forsynte fra asbestholdige drikkevannsledninger

Til sammen 2 439 000 personer er tilknyttet de 369 vannverk som har asbestsement i ledningsnett. Det er bare en del av disse som er forsynt med vann som har passert gjennom asbestsementledninger, for det er mange vannverk som har asbestsementledninger bare i deler av nettet sitt. Instituttet har ikke oversikt over hvor i ledningsanleggene de forskjellige materialene er benyttet. Det kan være at asbestsementledninger er benyttet sentralt i enkelte anlegg, mens de er plassert kun perifert i andre, slik at kanskje bare definerte deler

av et forsyningsnett får vann som har passert asbestsementledninger. Nedenfor er det gitt en oversikt over hvordan andelen av asbestsement fordeler seg på vannverkene.

Fordeling av asbestsementledninger i vannverkene:

- Ett vannverk med forsyning til 105 personer har bare asbestsementledninger (1 km).
- 35 vannverk med forsyning til 35 000 personer har mer enn 50 % asbestsementledninger (391 km av 646 km, dvs. gjennomsnitt 60,5 %).
- 156 vannverk med forsyning til 669 000 har mellom 50 % og 10 % asbestsementledninger (1 934 km av 9 875 km, dvs. gjennomsnitt 19,6 %).
- 178 vannverk med forsyning til 1 735 000 personer har mindre enn 10 % asbestsementledninger (655 km av 17 462 km, dvs. gjennomsnitt 3,8 %).
- 1 213 vannverk med forsyning til 1 334 000 personer har ingen asbestsementledninger.

Grovt estimert kan man regne at forsyningen til de ovennevnte kategoriene fordeler seg slik: Alle personene tilknyttet vannverk i punktene 1 og 2 får vann som har gått gjennom asbestsementledninger, 50 % av dem nevnt i punkt 3 og 10 % av dem nevnt i punkt 4 får også slikt vann. Dette gir en total eksponering av 543 000 personer hvor eksponeringsgraden varierer. Beregningen er foretatt ut fra de høyeste prosentandelene (andel av ledningsnett) for hver kategori og det kan gi et bilde av hvor mange innen hver kategori som er utsatt. Antallet personer kan være betydelig høyere, men da vil i tilfelle den aktuelle vannmengden som passerer de aktuelle asbestsementledningene være tilsvarende høyere. Det krever i så fall at dimensjonen på den aktuelle ledningen må være større. Jo større dimensjon på en ledning, jo lavere blir forholdet mellom innvendig overflate og volumet inne i ledningen, og derved også volumet av vannet som passerer (med samme vannhastighet). Det vil med samme tæring på rørene være slik at store ledningsdimensjoner gir færre fibrer per liter passerende vann enn små ledningsdimensjoner. Det vil si at sentralt plasserte asbestsementledninger vil gi flere eksponerte, men lavere eksponering per person.

Ved å bruke estimatet på 543 000 personer og de gjennomsnittsnivåer av asbestfiber per liter vann som ble funnet i IVAR-undersøkelsen (om undersøkelsen se nedenfor), vil man anta å ligge i et øvre sjikt eller over, av hva som kan ansees som sannsynlig eksponering via drikkevann i Norge. Senere i denne rapporten er antallet eksponerte personer avrundet opp til 600 000 personer.

Tidsaspekter vedrørende asbestholdige drikkevannsledninger

Asbestsementledninger ble aktuelt materiale i drikkevannsforsyningen fra 1950-årene og fram til 1977, da videre import og produksjon ble stanset. Asbestsementledninger som på forbudstidspunktet var innkjøpt, ble likevel benyttet i nye anlegg og til reparasjon av eksisterende. Fra 1998 (som er det første året med komplette data fra Vannverksregisteret) til 2005 viser følgende data reduksjon i antall kilometer asbestsementledninger i norske vannverk: 3 276 km (1998), 3 200 km (2002), 3 100 km (2004) og 2 980 km (2005). Dette viser en jevn nedgang i antall kilometer asbestsementledninger, men utskiftingen har gått sakte. Tem-

poet i utskiftingen har nok ikke vært frykt for asbestfibrer i drikkevannet hos vannverksansvarlige, men trolig for generelt vedlikehold og behov for reparasjoner ved vannledningsbrudd og/eller store lekkasjer.

Kostnader for utskifting av ledninger ligger i Norge i dag på mellom kr 1 000 og 1 500 per meter utenfor tettbygde områder. I tettbygde områder regnes kostnaden til ca kr 5 000 per meter, og i bymessig bebyggelse vil kostnaden overstige kr 10 000 per meter på grunn av konflikter med andre anlegg og samfunnsinteresser. Kostnadene ved utskifting av ca 3 000 km asbestsementledninger vil derfor være mer enn 3-4,5 milliarder kroner, og den kan bli betydelig høyere dersom en stor andel av disse ledningene ligger i tettbygde eller bymessig bebygde områder.

Oppsamling av sisternevann fra eternittak

Det finnes ingen opplysninger om hvor mange hus og fritidsboliger som baserer sin drikkevannsforsyning på oppsamling av sisternevann fra eternittak, og det er derfor heller ikke kjent hvilken konsentrasjon av asbestfibrer slikt vann har.

4 Eksponeringsforhold

Kort om asbestfibrer og deres anvendelse

Asbest er et unikt materiale med særdeles gunstige kjemiske, termiske og mekaniske egenskaper. Det var grunnen til at bruken av asbest eksploderte i tiden før annen verdenskrig og holdt seg høy i flere tiår fremover inntil man hadde fastslått asbestfibrener negative helseeffekter.

Asbest er et silikatrikt mineral som i enkelte deler av verden finnes i så store mengder at forekomsten er drivverdig. Storskala gruvedrift har forekommet siden tidlig på 1800-tallet og i enkelte land er den fortsatt i full gang (Canada, Brasil, Kasakhstan). I dag har mer enn 40 land, inkludert EU, totalforbudt alle former for asbest og asbestholdige produkter (WHO, 2006). De største mottakere av asbest i dag finnes i Afrika, deler av Asia og Sør-Amerika. I det 20. århundre ble det anslagsvis produsert mellom 160 og 170 millioner tonn asbest (US Geological Survey, 2004). Verdensproduksjonen av asbest har vært stabil i perioden 2000-2005, og ligger på mellom 2 og 2,4 millioner tonn per år. I Norge er det anslått at det er anvendt mellom 70 000 og 90 000 tonn asbest (Johansen og medarbeidere, 1993). Her i landet har all bruk av asbest vært forbudt siden 1977.

Det finnes flere typer asbest, men hvitasbest (krysotilasbest) er den vanligste med ca. 95 % av den totale verdensproduksjonen. Asbest har vært benyttet i mange produkter, de fleste knyttet til bygningsbransjen. Her var asbesten å finne i ulike platematerialer - for bruk inne og ute - til isolasjon av varme og kalde rør, i vinylgulvfliser og mye mer. Det største bruksområdet (ca. 90 %) har vært ulike asbestementprodukter, der asbestfibrener ble benyttet som armering for å bedre deres mekaniske egenskaper. I Norge har to sentrale produkter vært eternitt og asbestementledninger. Eternitten favnet mange sorter plateprodukter til bruk både inne og ute, og asbestementledningene er anvendt til forsyning av drikkevann.

De fleste har oppfattet at norske medier til tider har fokusert på asbestfibrer i drikkevann. Noen har også fått med seg at det langs kyst-Norge og i fritidshus er samlet bruksvann i sisterner etter avrenning fra

eternittak. Det tidligere Statens institutt for folkehelse deltok i to norske studier der man i den ene undersøkte forekomst av asbestfibrer i drikkevann transportert gjennom asbestementledninger og i den andre så på asbestfibrer i susterne vann fra norske fyrstasjoner. Nedfor gjengis kort hva undersøkelsene frembrakte.

IVAR-undersøkelsen

Forsuring i norske drikkevannskilder på slutten av 70-tallet hadde ført til alvorlig tæring på asbestementledninger som distribuerte drikkevann. Sammen med Norsk institutt for vannforskning (NIVA) undersøkte Statens institutt for folkehelse vannets tæring på asbestementledninger og frigivelse av asbestfibrer til drikkevannet i syv kommuner i Rogaland i 1982 (SIFF, 1983). Undersøkelsen fikk i kortversjon navnet IVAR-undersøkelsen etter Interkommunalt vann-, avløps- og renovasjonsverk i Rogaland.

Til sammen 41 prøver fra kommunene, vannkildene og kontrollprøver ble undersøkt for asbestfibrer. I alle prøvene ble det talt antall fibrer og anslått prosentandel krysotile (hvtasbest) fibrer i forhold til amfiboler (brunasbest, blåasbest m.fl.). Påviste fibrer ble prosentvis gruppert i lengder. To elektronmikroskopiske laboratorier deltok i optelling og vurdering av fiberfunnene, som ble utført i henhold til en standardmetode utarbeidet av USAs miljøverndirektorat, EPA.

Asbestfibrertallet i kontrollprøvene lå på 0,06 – 0,07 millioner fibrer per liter vann og var i samsvar med forventede verdier og nivåer målt i liknende undersøkelser av andre. Det var stor variasjon i mengden fibrer i Rogalandsvannprøvene med variasjon fra 0,1 til 248 millioner fibrer per liter. Kommunen med ekstremverdien 248 millioner fibrer per liter ble besluttet holdt utenfor undersøkelsen, fordi det i ettertid ble opplyst om unormale driftsforhold på ledningsnettet i prøvetaksperioden. Ved å holde kontrollprøvene og fibertallene for vannkildene samt "ekstremkommunen" utenfor var asbestfibrertallet i snitt for alle kommunene ca. 16 millioner fibrer per liter.

Av de observerte asbestfibrener var ca. 80 % krysotile (hvtasbest) og ca. 20 % amfiboler, hovedsa-

kelig amositt (brunasbest). Ved måling av fiberlengder i elektronmikroskop ble de delt inn i tre grupper: < 2 µm, 2 til 10 µm og > 10 µm. Asbestfibrene i prøvene var jevnt over korte, de fleste < 2 µm. Lange (ca. 77 %), fiberlengder mellom 2 og 10 µm utgjorde ca. 19 % og bare 4 % var lengre enn 10 µm. Om en i ettertid antar at ca. 15 % av asbestfibrene var > 5 µm lange, som er den fiberlengde som anses som farlig ved inhalasjon av asbestfibrer, så vil de "lange" fibrene i IVAR-undersøkelsen utgjøre ca. 2,5 millioner fibrer per liter i gjennomsnitt (15 % av 16 millioner fibrer per liter).

Fyrvokterundersøkelsen

Mange norske fyrstasjoner bygget før andre verdenskrig var utstyrt med skifertak. Da eternitt-takplater ble tilgjengelige etter krigen, representerte dette et praktisk, teknisk og billig alternativ til takteking ved rehabilitering eller bygging av nye tak. I likhet med svært mange bolighus og driftsbygninger langs norskekysten ble mange norske fyrstasjonene etter hvert utstyrt med asbestholdige eternittplater. Mange kystbosetninger, der en del også lå "off-shore", hadde vanskelig tilgang på drikkevann, og sisterner ble ofte benyttet til oppsamling av avrenningsvann fra takene. Det ble ikke alltid installert filtreringsanlegg på sisternene.

For å studere forekomst av asbestfiberholdig susternevann ble det i samarbeid med bl.a. Kystdirektoratet samlet inn drikkevannprøver fra tappekran på kjøkken på syv fyrstasjoner i 1983. De samme innsamlingsrutiner og analyseprosedyrer ble fulgt som ved IVAR-undersøkelsen.

Antall fibrer per liter vann i fyrvokterundersøkelsen var ekstreme sett i forhold til hva som var observert tidligere. Antall fibrer lengre enn 10 µm var derfor betydelig høyere enn hva som ble funnet i IVAR-undersøkelsen. Årsaken ble vurdert å ha sammenheng med manglende filtrering og dårlige renholdsrutiner av sisternene samt graden av ekstremvær langs kysten. Den laveste og høyeste fiberkonsentrasjonen i undersøkelsen var hhv. ca. 2 000 og 70 000 millioner fibrer per liter med et gjennomsnitt på 36 000 millioner fibrer per liter. Sammenliknet med gjennomsnittsverdien i IVAR-undersøkelsen på ca. 16 millioner fibrer per liter er dette svært høye verdier. Fiberresultatene ble senere undersøkt av Kreftregisteret som fulgte opp 690 mannlige fyrvoktere i perioden 1960-1991. Ingen statistisk signifikant økt risiko ble påvist for kreft i fordøyelseskanalen, dog med unntak av magekreft (11 observerte tilfeller i forhold til 4,57 forventet). Det ble ikke funnet tilfeller av malignt mesoteliom i lungene ("asbestkreft") blant fyrvokterne. Forfatterne påpekte at resultatene var noe usikre fordi vurdering av eksponeringen var usikker. Man manglet data om når tak-eternitten begynte å forvitne og derved etter hvert tilførte susternevannet store mengder asbestfibrer. Fyrvokterundersøkelsen ble publisert i 1993 (Andersen og medarbeidere, 1993).

Ganske nylig fulgte Kreftregisteret opp fyrvokterundersøkelsen med en studie som de publiserte i 2005 (Kjærheim og medarbeidere, 2005). Denne omtales senere i rapporten.

5 Eksperimentelle studier av oral eksponering for asbestfibrer

Korttidsstudier (opptak/fordeling)

Det er få korttidsstudier tilgjengelig der effekter av eksponering via mage-tarmkanalen for asbestfibrer er undersøkt. I en engelsk studie ble rotter gitt fôr med 250-300 mg asbest per uke i en måned, deretter ble det gitt vanlig fôr. Undersøkelsen støttet tidligere funn som viste at størstedelen av asbestfibre var borte fra tarmen 48 timer etter at fôring med asbest opphørte (Gross og medarbeidere i ATSDR 2001, Bolton og medarbeidere, 1976). En gruppe dyr ble avlivet 28 dager etter avsluttet eksponering for asbest, og analyser av både tarm og tarminnhold viste ingen spor etter asbestfibrer. Det var heller ingen tegn til at asbestfibrer hadde trengt gjennom eller skadet tarmoverflaten. Både krysotil, krokidolitt og amositt ble undersøkt i denne studien. Elektronmikroskopiske undersøkelser har vist at noen fibrer kan trenge seg inn i tarmepitelet, det er også blitt registrert fibrer i andre vev hos dyr som er blitt eksponert gjennom munnen. Når fôret inneholder fibrer er det også en mulighet for at fibrer tas opp via andre eksponeringsveier, for eksempel ved at de pustes inn. Det er ikke tilstrekkelig mengde data til å si noe om hvor stor andel av fibre i tarmen som eventuelt kan tas opp og passere tarmveggen. Det er imidlertid enighet om at i den grad det skjer, er andelen svært liten (referanser i ATSDR, 2001).

Langtidsstudier

De mest grundige studiene som omhandler eksponering for asbest via mage-tarmkanalen er utført av US National Toxicology Program (NTP 1983, 1985, 1988, 1990a og 1990b). Disse langtidsstudiene ble utført på store grupper av både rotter og hamstere. Mordyrene ble først gitt fôr med 1 % asbest gjennom hele drektighetsperioden, videre ble ungene eksponert for samme mengde fibrer fra de ble født (sondeforing i dieperioden) og resten av livet. Ved avslutning av forsøkene ble alle deler av fordøyelseskanalen hos alle dyr systematisk undersøkt for makroskopiske skader, tykktarm og endetarm ble i tillegg fiksert og undersøkt mikroskopisk. Det var separate undersøkelsesgrupper for krysotil (to fiberlengder), krokidolitt og amositt. Det

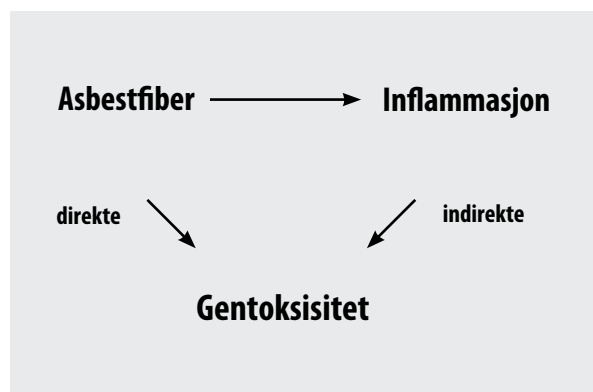
ble ikke registrert økning i kreft hos noen av gruppene som fikk amositt, krokidolitt eller korte krysotilfibrer. Hos hamster ble det påvist en økning i nyresvulster hos både hanner og hunner som hadde fått de lengre krysotilfibre (65 % > 5,4 µm), men økningen var bare statistisk signifikant når alle kontrollgrupper ble slått sammen. I forsøkene med rotter ble det påvist en svak økning i kjertellignende polypper i tykktarm hos hannrotter etter eksponering for krysotil (65 % > 10 µm). Tilsvarende ble ikke observert i hunnrotter eller hamstere, og det er uenighet om hvorvidt disse funnene kan knyttes til kreftutvikling. Økt antall av såkalte aberrante kryptofoci, som antas å være assosiert med risiko for tykktarmskreft, er vist i rotter etter eksponering for krokidolitt (40 mg/kg/dag eller 3 x 33 mg/kg/dag) og krysotil (70 mg/kg/dag). Tilsvarende ble ikke vist hos mus (Corpet og medarbeidere i ATSDR 2001). I en rekke andre studier er det ikke vist sammenheng mellom oral eksponering for asbest og utvikling av skader i tarmoverflaten (ATSDR, 2001).

Asbest er klassifisert som kreftfremkallende i lunge, og det har vært utført en rekke innåndingsstudier i ulike typer gnagere. Det er antatt at en stor del av fibre som pustes inn etter hvert kommer over i mage-tarmkanalen via slim som hostes opp og svelges. Langtids innåndingsstudier med rotte (krokidolitt) eller hamster (krysotil) resulterte ikke i utvikling av svulster i svelg, strupehode eller mage-tarmkanalen (McConnell og medarbeidere i *Asbestos: Selected Cancers*, 2006). En nylig oppsummering av tilgjengelige data tyder på at deponerte fibrer ikke blir værende lenge nok i tarmen til å utløse skade som kan føre til kreftutvikling i de dyremodellene som er undersøkt (*Asbestos: Selected Cancers*, 2006). Det stilles også spørsmål om hvorvidt fibrer beholder de overflateegenskaper som er antatt å være viktige ved skade på lungeceller når de transporteres gjennom mage-tarmkanalen.

Mekanismestudier

De fleste studier som er gjort for å undersøke hvordan asbestfibrer utvirker sin kreftfremkallende effekt i lunger, er utført på lunge i dyr eller i modellsystemer

med lungeceller i kultur. I tillegg til konsentrasjonen, er størrelse, form og krystallstruktur viktige for kreftrisiko (WHO, 2006). Lange, tynne fibrer har større kreftfremkallende potensial enn kortere fibrer. Innåndingsstudier i dyr har også vist at eksponering for amfiboler (for eksempel krokidolitt og amositt) gir mer lungekreft enn eksponering for krysotiler (McConnell og medarbeidere og Hesterberg og medarbeidere i *Asbestos: Selected Cancers*, 2006). Det høyere kreftfremkallende potensial for amfiboler tilskrives forskjeller i mineralstruktur og kjemiske egenskaper mellom disse to gruppene av asbest. Amfibole fibrer er bestandige og beholder fiberstrukturen i lungene i mye større grad enn krysotiler som lettere brytes ned og dermed kan uskadeliggjøres, for eksempel av makrofager (Bernstein og Hoskins, 2006). Både direkte og indirekte mekanismer for skade av arvematerialet (gentoksisitet) er blitt foreslått for å forklare den kreftfremkallende evnen asbest er vist å ha på lungeceller.



Asbestfibrer inneholder flere metaller på overflaten, og tilstedeværelsen av jern er vist å ha stor betydning for hvordan asbest virker. Jern kan delta i reduksjons-/oksidasjonsreaksjoner, og det medfører at ulike typer reaktive oksygenforbindelser og frie radikaler, for eksempel hydroksylradikaler, kan dannes via såkalte Fenton-reaksjoner. Slike reaktive oksygenforbindelser kan gi direkte skade på arvematerialet. Dersom slike skader ikke blir reparert, kan det føre til mutasjoner i cellene og senere kreftutvikling. Det er også vist at fibrer kan reagere direkte med cellenes spindelapparat og kromosomer i celler som deler seg, og på den måten skade arvematerialet (Asbestos: Selected Cancers 2006, Bernstein og medarbeidere, 2005, Schins og medarbeidere, 2002).

I tillegg til den direkte gentoksiske effekten av asbest, er betennelsesreaksjoner (inflammasjon) vist å være viktige for asbestindusert kreft i lunge. Makrofager er viktige celler i kroppens immunforsvar, de har blant annet som oppgave å ta opp i seg og bryte ned bakterier og andre partikler. Når makrofagene mislykkes i å ta opp fibrer som er for lange, fører dette til utskillelse av både reaktive oksygenforbindelser, som er skadelig for nærliggende celler og vev, og ulike signalstoffer (cytokiner og vekstfaktorer) som forårsaker betennelseslignende reaksjoner og økt celledeling. Inflammasjonen medfører ytterligere økning i nivået av skadelige reaktive oksygenforbindelser, og den økte celledelingen i skadet vev øker sannsynligheten for flere DNA-skader og mutasjoner (Asbestos: Selected Cancers 2006, Bernstein og medarbeidere, 2005, Donaldson og medarbeidere, 2002).

6 Epidemiologiske studier av oral eksponering for asbestfiber

Studier

Risikoen for kreft etter eksponering for asbest via drikkevann har vært vurdert flere ganger. WHO gjorde en risikovurdering i 1993 og fastholdt denne i 2003: "Asbest i drikkevann er studert i mange epidemiologiske studier, men det er ingen overbevisende resultater som viser helseisiko." (WHO, 2003).

En oversiktsartikkel om drikkevann og kreft fra 1997 konkluderer litt annerledes: "De epidemiologiske data er ikke tilstrekkelige til å vurdere kreftrisiko fra asbest i drikkevann. Det er noen antydninger til forhøyet risiko som bør studeres bedre." (Cantor, 1997).

To nye epidemiologiske studier er kommet til etter disse oppsummeringene, begge oppfølgingsstudier. Den første studien ser på drikkevann fra asbestementledninger: Browne og medarbeidere studerte nye krefttilfeller for ca 3 000 innbyggere i Town of Woodstock i staten New York, USA. Disse var utsatt for asbest i drikkevann fra asbestementledninger. Fire av fem vannprøver fra området viste over 10 millioner fibrer per liter, den høyeste 300 millioner fibrer per liter. Asbesten kom inn i drikkevannet en gang etter 1960, innbyggerne ble fulgt opp fra 1980 til 1998. Studien fant ingen økning i totalkreft, mage-tarmkreft eller lungekreft. Det var øket bukspyttkjertelkreft for menn (standard insidensratio 3,1, 95 % konfidensintervall 1,13-6,70), men ikke for kvinner. Forfatterne konkluderer: "Tidligere studier om kreftrisiko fra asbest i drikkevann har vært motstridende. Denne studien viser ingen øket kreftrisiko. Unntaket er øket bukspyttkjertelkreft for menn. Men siden risikoen ikke er øket for kvinner, tyder det på en yrkes- eller livsstilsårsak." (Browne og medarbeidere, 2005).

Den andre studien er en oppfølgingsstudie av norske fyrvoktere. Til sammen 726 fyrvoktere ansatt mellom 1917 og 1967 ble fulgt opp i perioden 1960-2002. En del av disse var utsatt for asbest i susterne vann samlet fra eternittak. Takene ble lagt etter krigen, og asbesten kom inn i vannet på slutten av 40-tallet. Mesteparten av asbesten i takene var krysotil (92 %), men inneholdt også små mengder amfibol. 21 av 81 fyrvoktere hadde susterne vann fra eternittak, 7 prøver samlet i 1983 viste nivåer fra 2 000-70 000 millioner fibrer per

liter med et gjennomsnitt på 36 000 millioner fibrer per liter. Fyrvokterne ble klassifisert basert på et arbeidsregister: 107 eksponert, 479 trolig ikke eksponert og 140 ukjent. Antall krefttilfeller ble sammenlignet med menn fra landlige omgivelser i Norge.

Hovedfunnet var øket magekreft, 1,6 ganger så mye blant fyrvokterne som blant andre menn fra landlige områder. De fyrvokterne som trolig ikke var utsatt for asbest hadde 1,4 ganger så mye magekreft som andre menn. De fyrvokterne som var utsatt for asbest hadde 2,5 ganger så mye magekreft som andre menn. Forfatterne konkluderer: "Studien viser en sammenheng mellom asbest i drikkevann og mage-tarmkreft, spesielt magekreft. På tross av et høyt asbestnivå er tillegget i risiko lite, så studien tyder ikke på at asbest i drikkevann er et stort helseproblem i den vanlige befolkningen." (Kjærheim og medarbeidere, 2005).

Det største ankepunktet mot denne studien er at fyrvokterne og referansepopulasjonen (menn fra landlige omgivelser) kan være forskjellige med hensyn til kosthold og øvrig livsstil, og at dette kan forklare forskjellen i magekreft. En alternativ analyse er å sammenlikne fyrvoktere utsatt for asbest med dem som trolig ikke var utsatt for asbest i drikkevannet:

Eksponeringsforhold	Antall fyrvoktere	Antall magekreft	Prosent magekreft	Forskjell i risiko per 100
Utsatt for asbest	107	6	5,6	2,2
Trolig ikke utsatt for asbest	619	21	3,4	

Dette regnestykket er ikke så påvirket av sammenligningsfeil (confounding) siden alle er fyrvoktere, men forskjellen i risikoen på 2,2 per 100 vil være litt for lav dersom noen i ikke utsatt gruppe faktisk likevel var utsatt for asbest. Beregningen forutsetter lik oppfølgingsstid i begge gruppene.

Beregning av magekreft fra asbest i drikkevann i befolkningen

De som får drikkevann fra asbestementledninger, er utsatt for mye lavere doser av asbest enn fyrvokterne. På den annen side er det svært mange som er utsatt for asbest fra slike ledninger. For å beregne antall tilfeller av magekreft som skyldes asbest fra asbestementledninger, må man forutsette en lineær sammenheng mellom asbestnivå og risiko, og så justere for forskjell i asbestnivå, asbesttype og fiberlengde. Det er her brukt data fra IVAR-studien til å beskrive drikkevann fra asbestementledninger. Regnestykket ser slik ut:

Studie	Ekstra risiko per 100	Fiberkonsentrasjon MFL	Fiberlengde % > 10 µm	Fibertype % ikke-krysotil	Utsatt for asbest i drikkevann	Antall tilfeller
IVAR		16	4	20	600 000	
Fyrvokter	2,5	36 000	20	8		
Magekreft =	2,5/100	16/36 000	4/20	20/8	600 000	= 3,3

Fra fyrvokterstudien antas en risiko fra asbest på 2,5 per 100 (litt mer enn anslaget på 2,2 fra forrige avsnitt, som antas å være for lavt). Fiberkonsentrasjonen var mellom 2 000 og 70 000 millioner fibrer per liter, det antas et gjennomsnitt på 36 000 millioner fibrer per liter. Fra IVAR-studien var fiberkonsentrasjonen 16 millioner fibrer per liter, så brøk nummer 2 justerer for forskjell i konsentrasjon. Den tredje brøken justerer for forskjell i andel lange fibrer (høyere risiko forbundet med eksponering for lange fibrer), 20 % var lange i fyrvokterstudien mot antatt 4 % i IVAR (Bjørn V. Johansen, personlig meddelelse). Den fjerde brøken justerer for forskjell i fibertype, IVAR-studien hadde større andel farlige fibrer (amfibole fibrer anses for farligere). Til slutt ganges med antall personer som får drikkevann fra asbestementledninger. Man får da 3,3 tilfeller av magekreft i løpet av 25 år fordi gjennomsnittlig oppfølgingstid i fyrvokterstudien var 25 år.

De største usikkerhetene i denne beregningen ligger i risikoanslaget på 2,5 per 100, og gjennomsnittlig fiberkonsentrasjon på 36 000 millioner fibrer per liter. Dersom resultatene fra fyrvokterstudien skyldes andre sammenligningsfeil (confoundere) enn dem som her er tatt opp, kan den reelle risikoen være 0, og det blir således ingen ekstra tilfeller av magekreft. Dersom gjennomsnittlig fiberkonsentrasjon var nærmere 2 000 millioner fibrer per liter enn 36 000 millioner fibrer per liter (en faktor på 18 ganger), får man nærmere 18 ganger så mange tilfeller, det vil si ca 50 ekstra tilfeller av magekreft i løpet av 25 år.

Sammendrag ut fra epidemiologiske data

Verdens helseorganisasjon konkluderte i 2003 med at asbest i drikkevann har vært studert i mange epidemiologiske undersøkelser, men at det ikke er noen overbevisende resultater som viser økt helseisiko. En nyere norsk oppfølgingsundersøkelse av fyrvoktere som har konsumert susternevann fra eternittak, avdekket at yrkesgruppen hadde vært eksponert for meget høye asbestfiber-konsentrasjoner (2 000-70 000 millioner fibrer per liter med et gjennomsnitt på 36 000 millioner fibrer per liter). Studien ga holdepunkter for en sammenheng mellom asbest i drikkevann og kreft i magesekken, med en anslått tilleggsrisiko i størrelsesorden 2,5 tilfeller per 100 eksponerte. Dersom denne studien legges til grunn viser beregninger at asbest i drikkevann fra asbestementledninger kan gi 3-4 tilfeller av magekreft over en periode på 25 år, dvs. 0,12-0,16 tilfeller per år, med en usikkerhet i anslaget fra 0 til 2 tilfeller per år. Til sammenligning var det i 2004 567 nye tilfeller av magekreft i Norge. (www.kreftregisteret.no).

7 Vurdering og konklusjon

Totalt sett er 2 439 000 personer tilknyttet 369 vannverk i landet som har asbestsement i sitt ledningsnett. Imidlertid er det bare en del av disse personene som er forsynt med vann som har passert gjennom asbestsementledninger, hvor i ledningsanleggene de forskjellige ledningsmaterialene er benyttet vites ikke. Det er 1 213 vannverk med forsyning til 1 334 000 personer som ikke har asbestsementledninger. I den følgende vurdering er det lagt til grunn at 600 000 personer er eksponert for asbestfibrer fra drikkevann i vårt land. Antallet kilometer asbestsementledninger i norske vannverk har sunket langsomt, det var 2 980 km i 2005. Kostnaden ved utskiftning av ca 3 000 km asbestsementledninger er minst 3-4,5 milliarder kroner.

Innånding av asbestfibrer er sikkert vist å være kreftfremkallende, både i befolkningsstudier og i forsøk med dyr. Utløsende mekanismer for denne kreftfremkallende effekten kan være direkte eller indirekte skade av arvematerialet gjennom reaktive oksygenforbindelser og betennelseslignende reaksjoner. Eksperimentelle studier der forsøksdyr er blitt føret med forskjellige typer asbestfibrer, har imidlertid ikke gitt sikre holdepunkter for kreftutvikling. I forsøk med hamster tilført lengre krysotilfibrer i føret, er det rapportert mulig økning i forekomst av nyresvulster. I andre studier er det ikke klarlagt om asbestfibrer kan tas opp fra mage-tarmkanalen, i den grad det skjer anses andelen som svært liten.

Verdens helseorganisasjon konkluderte i 2003 med at asbest i drikkevann har vært tema i mange epidemiologiske studier, men at det ikke er noen overbevisende resultater som viser økt helserisiko. En nyere norsk oppfølgingsundersøkelse av fyrvoktere som har konsumert susternevann fra eternittak, avdekket at vokterne hadde vært eksponert for meget høye asbestfibrer-konsentrasjoner (2 000-70 000 millioner fibrer per liter med et gjennomsnitt på 36 000 millioner fibrer per liter målt i 1983). Studien ga holdepunkter for en sammenheng mellom asbest i drikkevann og kreft i magesekken, med en anslått tilleggsrisiko i størrelsesorden 2,5 tilfeller per 100 eksponerte. Dersom man antar at risikoøkningen i denne studien skyldes asbesteksponering fra drikkevann, er en mulig risiko for inntak av asbest gjennom drikkevann beregnet til 3-4 tilfeller av

kreft i magesekken over en periode på 25 år, med en usikkerhet i anslaget fra 0 til 50 tilfeller. Dette svarer til 0,12-0,16 ekstra tilfeller per år, med en usikkerhet fra 0 til 2 tilfeller per år. Til sammenligning angir Kreftregisteret at det var 567 nye tilfeller av magekreft i Norge i 2004. Beregning av kreftrisiko ved konsum av vann fra asbestsementledninger forutsetter at sammenhengen mellom kreft i magesekken og asbest i drikkevannet er kausal og at det er lineær ekstrapolering fra meget høye asbestkonsentrasjoner i fyrvokterundersøkelsen. Dette kan innebære en overestimering av risiko dersom det foreligger en doseterskel for kreftutvikling. Beregningen bygger dessuten på gjennomsnittlige asbestkonsentrasjoner målt i drikkevannet i syv kommuner i Rogaland i 1982. Hvorvidt dette er representativt for dagens situasjon er ikke kjent.

Det foreligger ikke data om hvor mange hus og fritidsboliger i landet som baserer sin drikkevannsforsyning på oppsamling av susternevann fra eternittak, hva konsentrasjonen av asbestfibrer i slikt oppsamlet vann måtte kunne være eller relativ andel av konsumert susternevann. Det er således ikke mulig å beregne eventuell kreftrisiko for de som konsumerer susternevann oppsamlet fra eternittak.

Konklusjon

Dyreeksperimentelle studier har ikke gitt holdepunkter for at asbest inntatt gjennom munnen er kreftfremkallende. De fleste epidemiologiske studier kan ikke vise noen sammenheng mellom asbesteksponering via drikkevann og økt kreftrisiko. En norsk undersøkelse av fyrvoktere som har vært utsatt for asbest har vist en overrisiko for kreft i magesekken. Dersom denne studien legges til grunn kan en beregne at konsum av asbestholdig drikkevann fra asbestsementledninger kan ha gitt en økning på 0,12-0,16 tilfeller av kreft per år, med en usikkerhet i anslaget på 0 til 2 tilfeller. Dette utgjør maksimalt 0,4 prosent av alle tilfeller av kreft i magesekken i vårt land registrert i 2004.

Referanser

- Andersen Aa, Glattre E, Johansen BV. Incidence of cancer among lighthouse keepers exposed to asbestos in drinking water. *Am J Epidemiol* 1993;138:682-687.
- Asbestos: Selected Cancers. Committee on Asbestos: Selected Health Effects. Chair: Jonathan M. Samet. The National Academic Press, ISBN 0-309-10169-7 (book)/0-309-65952-3(PDF), 2006. http://fermat.nap.edu/openbook.php?record_id=11665&page=R1
- ATSDR. Toxicological Profile for Asbestos. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2001.
- Bernstein D, Castranova V, Donaldson K, Fubini B, Hadley J, Hesterberg T, Kane A, Lai D, McConnell EE, Muhle H, Oberdorster G, Oli S, Warheit DB. Testing of Fibrous Particles: Short-Term Assays and Strategies. Report of an ILSI Risk Science Institute Working Group. *Inhal Toxicol* 2005;17:497-537.
- Bernstein ME, Hoskins JA. The health effects of chrysotile: Current perspective based upon recent data. *Reg Toxicol Pharmacol* 2006;45:252-264.
- Bolton RE, Davis JMG, 1976. The short-term effects of chronic asbestos ingestion in rats. *Ann Occup Hyg* 1976;19:121-128.
- Browne ML, Varadarajulu D, Lewis-Michl EL, Fitzgerald EF. Cancer incidence and asbestos in drinking water, Town of Woodstock, New York, 1980-1998. *Environ Res* 2005;98:224-32.
- Cantor KP. Drinking water and cancer. *Cancer Caus Contr* 1997;8:292-308.
- Donaldson K, Tran CL. Inflammation caused by particles and fibers. *Inhal Toxicol* 2002;14: 5-27.
- Johansen BV, Tesli J, Evje M. *Asbesthåndboken*, 1993. Tiden Norsk Forlag.
- Kjaerheim K, Ulvestad B, Martinsen JI, Andersen A. Cancer of the gastrointestinal tract and exposure to asbestos in drinking water among lighthouse keepers (Norway). *Cancer Caus Contr* 2005;16:593-8.
- National Toxicology Program 1983. Lifetime Carcinogenesis studies of amosite asbestos in Syrian Golden Hamsters (Feed studies). NTP TR 249, 1983.
- National Toxicology Program. Toxicology and Carcinogenesis Studies of Chrysotile Asbestos in F344/N Rats (Feed Studies). NTP TR 295, 1985.
- National Toxicology Program. Toxicology and Carcinogenesis Studies of Crocidolite Asbestos in F344/N Rats (Feed Studies). NTP TR 280, 1988.
- National Toxicology Program. Lifetime Carcinogenesis studies of Chrysotile asbestos in Syrian Golden Hamsters (Feed studies). NTP TR 246, 1990a.
- National Toxicology Program. Toxicology and Carcinogenesis Studies of Amosite Asbestos in F344/N Rats (Feed Studies). NTP TR 279, 1990b.
- Schins R. Mechanisms of genotoxicity of particles and fibres. *Inhal Toxicol* 2002;14:57-78.
- SIFF – SK rapport 7/83. Undersøkelse av vannets virkning på asbestementrør og forekomst av asbestfibre i drikkevannet for syv kommuner tilknyttet IVAR vannverket, 1983. ISSN 0333-4643; ISBN 82-990692-4-6.
- US Geological Survey. *Minerals Yearbook* 2004.
- WHO. Asbestos in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality. Geneva: World Health Organization; 2003.
- WHO. Elimination of asbestos related diseases. WHO/SDE/OEH/06.03, September 2006.