

Hjerte-kar dødelighet og hardt vann

Av Eystein Glattre, Rolf Askevold og Ida Goffeng

Eystein Glattre er lege fra 1962 med senere spesialstudier i epidemiologi og biostatistikk; amanuensis ved Hygienisk Institutt, Universitetet i Oslo.

Rolf Askevold er cand. real. fra 1948 med kjemi som hovedfag; amanuensis ved Hygienisk Institutt, Universitetet i Oslo.

Ida Goffeng Bay er tekniker ved Hygienisk Institutt, Universitetet i Oslo.

Innledning

Fra slutten av 1950-årene (10, 22) har et økende antall epidemiologiske undersøkelser i forskjellige deler av verden påvist en statistisk sammenheng mellom hjerte-kar-dødelighet og hardheten av drikkevannet, nærmere bestemt en negativ relasjon der hjerte-kar-dødeligheten avtar når vannets hardhet øker (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 14, 18, 19, 20, 21).

Men ikke alle undersøkelser har kunnet verifisere dette (1, 12, 13, 15, 16, 17), og i Norge er forholdet i det hele tatt ikke undersøkt. Spørsmålet reiser seg derfor om forholdene ligger til rette for å undersøke om en slik sammenheng lar seg påvise her til lands.

Det er utvilsomt flere forhold som taler imot. Således består vannforsyningen her til lands for en stor del av overflatevann, og overflatevann i Norge er som kjent bløtt. Det er derfor i utgangspunktet usikkert om det eksisterer store nok befolkningsgrupper som forsynes med drikkevann

med så høyt kalsiuminnhold at påviselige forskjeller i hjerte-kar-dødelighet kan forventes.

Dessuten varierer levevilkårene, og dermed mange andre faktorer som beviselig påvirker hjerte-kar-dødeligheten forskjellig. I samsvar med dette varierer hjerte-kar-dødeligheten ganske betydelig fra fylke til fylke, mellom ulike kommunetyper (23) og fra yrke til yrke (25).

I tillegg har landet i store områder en sparsom bosetting med et foranderlig bosettingsmønster og en dårlig utbygget helsetjeneste. Hjerte-kar-dødelighetstallene blir derfor lett noe usikre for mange av de mindre kommuner.

I mange strøk av landet kommer drikkevannet i stor utstrekning fra hus- og gårdsbrønner. En undersøkelse av alle vannkilder, store og små, med hensyn til vannets hardhet, vil av praktisk-økonomiske grunner vanskelig kunne gjennomføres i landsmålestokk. Enklere å gjennomføre er en undersøkelse som kun omfatter

registrerte vannverk, men dette vil selvfølgelig medføre en betydelig usikkerhet hva angår den gjennomsnittlige hardhet av drikkevannet i slike strøk.

På den andre siden har man i Norge en etnisk forholdsvis ensartet befolkning i størstedelen av landet, og i de folkerike fylkene rundt Oslofjorden der levevilkårene ikke er altfor forskjellige, finnes større vannforsyninger med betydelige forskjeller i vannkildens hardhet, helt fra 2,5 til over 100 mg CaO/l. Etter utenlandske undersøkelser vil et så bredt variasjonsområde muliggjøre en påvisning av en eventuell negativ relasjon mellom kardiovaskulær dødelighet og drikkevannets hardhet.

Materiale, metoder og betingelser

I 1972 ble vannprøver fra de om lag 1 500 registreringspliktige vannforsyninger samlet inn og undersøkt på fluorinnhold ved Hygienisk institutt, Universitetet i Oslo. De samme vannprøvene, som fordeler seg på i alt 417 av landets (den gang) 444 kommuner, er nå blitt undersøkt også med hensyn til hardhet.

Vannprøvens kalsium- og magnesiumkonsentrasjon ble bestemt ved atomabsorpsjonsspektrofotometri (Perkin-Elmer 290 B), og hardheten regnet ut i (tyske) hardhetsgrader på grunnlag av konsentrasjonsbestemmelsene. En hardhetsgrad tilsvarende 7,15 mg Ca/l eller 4,34 mg Mg/l; den tilsvarende dessuten 0,562 franske hardhetsgrader eller 5,62 mg CaCO₃/l.

Aldersjusterte dødelighetsrater (årlig antall døde pr. 100 000 innbyggere) for hjerte-kar sykdom, dvs.

sykdomsnummer 390-458 i 8. rev. av «Standard for gruppering av sykdommer, skader, dødsårsaker», er utarbeidet av Statistisk Sentralbyrå for alle landets kommuner etter kjønn for årene 1969—72.

Tallet på vannkilder og personer hver vannkilde forsyner med vann, varierer fra kommune til kommune. Det er derfor nødvendig å innføre en gjennomsnittsverdi for hardheten av en kommunes vannforsyning:

Føretsetter man at en gitt kommune har n vannkilder der vannkilde nr. j , $j = 1, 2, \dots, n$, har hardheten h_j og forsyner en befolkningsgruppe b_j , vil uttrykket

$$h_v = \frac{\sum_1^n h_j b_j}{\sum_1^n b_j}$$

som er et veiet gjennomsnitt, kunne tjene som mål på hardheten av den samlede vannforsyning fra vannverk i den gitte kommunen. Dette mål benevnes den justerte hardhet. Den justerte hardhet, h_v , er regnet ut for i alt 415 kommuner på grunnlag av opplysninger fra vannverkene om vannkildenes forsyningsområde og hardhetsbestemmelsene av de tilhørende vannprøver. For to mindre kommuner manglet opplysninger om vannkildenes forsyningsområde.

Det er bare en kommunes registrerte vannforsyninger som inngår i beregningsgrunnlaget for den justerte hardhet. Dødelighetsraten gjelder derimot hele kommunen. Derfor er det for hver av de 415 kommunene beregnet hvor stor prosentdel av det samlede folketall som får vann fra den registrerte vannforsyningen. Denne dekningsprosenten varierer fra 2,5 til 100. For de to ovenfor nevnte kom-

munene var det ikke mulig å bestemme dekningsprosenten. 248 kommuner har en dekning på under 60 %.

Denne undersøkelsen har således ført til fastleggelse av fire tall for hver av de 415 kommuner: Det er den aldersjusterte hjerte-kar-dødelighetsrate for menn og for kvinner, den justerte hardhetsgrad for vannforsyningen fra registrerte vannverk og dekningsprosenten for denne vannforsyningen.

For å sikre et rimelig samsvar mellom det «sanne» gjennomsnitt for hardheten av drikkevannet i en kommune og den ovenfor omtalte justerte hardhet, h_v , vil den videre analyse innskrenkes til kun å omfatte de 167 kommuner som har en dekning ≥ 60 %.

Før resultatene av undersøkelsen fremlegges, er det viktig å minne om de vanskelige betingelser som foreligger ved slike undersøkelser.

En rekke faktorer i det omgivende miljø, i samspill med faktorer i det indre miljø, medvirker til utvikling av hjerte-kar sykdom og død. Forholdet mellom disse faktorene har forandret seg med tiden og varierer dessuten fra sted til sted. Det er derfor ikke unaturlig at sykkelighet og dødelighet av denne sykdomsgruppen varierer, slik dette bl. a. kommer til uttrykk i den forandring som har funnet sted opp gjennom årene, i de regionale forskjeller og i forskjellene mellom de ulike kommunetyper med hensyn til kardiovaskulær død (23).

I en undersøkelse av sammenhengen mellom hjerte-kar-dødelighet i kommunene og drikkevannets justerte hardhet, er det selvsagt ønskelig at kommunene er sammenlignbare

med hensyn til alle andre forhold som kan innvirke på hjerte-kar-dødeligheten. Men selv om man forsøker å eliminere tidstrenden ved å begrense undersøkelsen til å gjelde et forholdsvis kort tidsrom, de regionale forskjeller ved utelukkende å jevnføre kommuner innenfor snevre geografiske områder, samt kommunetype-forskjeller ved utelukkende å sammenligne kommuner av samme eller omtrent samme type (24), er det likevel bare de større forskjeller det korrigeres for. En rekke andre forhold vil også spille en rolle.

Den justerte hardhet for en kommune fungerer som estimat for det «sanne» gjennomsnitt av drikkevannets hardhet i kommunen. Det er imidlertid klart at der hvor deknningen er mindre enn 100 %, og dette er tilfellet for 105 av de 167 kommuner med dekning ≥ 60 %, vil det oppstå en ikke ubetydelig usikkerhet i estimatene. Opptil 40 % av innbyggerne i disse kommunene vil nemlig få vann fra kilder som meget vel kan ha en sterkt avvikende hardhet.

For mange vannkilder varierer hardheten med årstiden. I den justerte hardhet inngår imidlertid bare én prøve fra hver vannkilde. I likhet med den måletekniske usikkerhet bringer dette inn usikkerhet, men neppe av større betydning. Noen vannverk alkaliserer vannet, noen har Ca-avgivende ledningsnett. Dette øker selvsagt hardheten før vannet går til konsum. En undersøkelse basert på prøver av vannkildene, vil selvsagt ikke registrere dette, i så fall må det tas kranprøver. Men en slik undersøkelse måtte baseres på et meget stort antall kranprøver. Dette

var ikke praktisk gjennomførilig. Vannkildenes forsyningsområde, dvs. brukerne, inngår også i den justerte hardhet. Mange vannverk har imidlertid bare gitt runde og omtrentlige angivelser på størrelsen av forsyningsområdene, og mulighetene for kommuniserende forsyninger er sjelden vurdert. Dette er et forhold som bevirker usikkerhet hva hardheten angår, særlig der hvor vannkildene er svært forskjellige av hardhet.

Det er bokommunens drikkevann som inngår i denne undersøkelsen. Folk som oppholder seg en vesentlig del i andre kommuner med annen hardhet, vil noe feilaktig rubriseres under bokommunens justerte hardhet. I kommuner hvor dette gjelder mange, vil dette selvsagt bringe usikkerhet med hensyn til bokommunens justerte hardhet.

Som periode for bestemmelse av den gjennomsnittlige hjerte-kar-dødelighet er valgt årene 1969—72, som omfatter prøvetakingsåret pluss de tre foregående. Denne perioden er likevel ikke lenger enn at tilfeldige fluktuasjoner i hjerte-kar-dødelighet og bosetting kan influere dødelighetsratene for små kommuner. I tillegg til den alminnelige diagnostiske usikkerhet medfører også dette usikkerhet i dødelighetstallene.

Det er følgelig så mye usikkerhet i materialet at en sammenligning av hjerte-kar-dødeligheten i kommuner med hardt og bløtt vann må skje som en sammenligning mellom grupper av jevnførbare kommuner.

Engelske undersøkelser (8) viser at 1,75 hardhetsgrader som øvre grense for bløtt og nedre grense for hardt vann, skiller godt mellom om-

råder med hensyn til hjerte-kar-dødeligheten: Gjennomgående blir dødeligheten høyere i områder der drikkevannets hardhet er mindre enn 1,75° og lavere der hardheten er større enn 1,75°. I denne undersøkelsen er derfor dette anvendt som kriterium for bløtt og hardt vann.

Resultater

Området bestående av fylkene Østfold, Akershus, Oslo og Vestfold samt kommunene Lunner og Gran i Oppland, og Ringerike, Drammen, Modum, Øvre og Nedre Eiker, Lier, Røyken og Hurum i Buskerud, som naturlig hører med til dette området geografisk sett, er egnet for undersøkelse av følgende grunner:

Området, som i fortsettelsen vil bli kalt Oslofjord-området, er arealmessig lite, bare 5 % av landets areal, men det har likevel omlag $\frac{1}{3}$ av landets befolkning. Regionale forskjeller i kardiovaskulær dødelighet vil derfor spille en mindre rolle.

Av områdets 76 kommuner har i alt 50 en dekning på minst 60 % og en befolkning på tilsammen 1 239 400. Dessuten varierer den justerte hardhet for disse kommunene fra 0,615° helt opp til 4,845°. Ti av kommunene har hard vannforsyning ($\geq 1,75^\circ$), og dette er halvparten av alle kommuner med hardt vann.

Tre av kommunene tilhører kommunetype 3 som er «sentrale, blandede landbruks- og industrikommuner» (24), 18 kommuner tilhører type 6 som er «sentrale industrikommuner», 19 tilhører type 7 som er «sentrale, blandede tjenesteytings- og industrikommuner» og 10 tilhører type

8 som er «øvrige blandede tjenesteyttings- og industrikommuner».

Kommunetype-forskjeller elimineres ved å sammenligne kommuner av samme type. Nå er kommunetyperne 7 og 8 ikke altfor forskjellige med hensyn til hjerte-kar-dødelighet; for kvinner gjelder dette også typene 3 og 6 (23). På grunn av små tall blir derfor disse typene gruppert sammen.

Av nedenstående tabell fremgår det at middel-dødeligheten av hjerte-kar-sykdom, dvs. middeltallet av de kommunale dødelighetsrater, for Oslo-

fjord-området, nærmere bestemt de 50 kommuner i området med dekning på minst 60 %, gjennomgående er større der drikkevannet er bløtere enn der det er hardere. Dette gjelder begge kjønn og kommunetype-grupperinger.

Den gjennomsnittlige, justerte hardhet av vannforsyningen i de 40 kommunene med bløtt vann er 0,991° og for de 10 kommunene med hardt vann 3,068°, en forskjell på vel to hardhetsgrader.

Tabell.

Middel-dødeligheten av hjerte-kar sykdom pr. 100 000 innbyggere i 1969—72 for 50 kommuner i Oslofjord-området med registrert vannforsyningsdekning på minst 60 %, etter kjønn, justert hardhet av drikkevannet og kommunetype-gruppe.

Kommune type	Hardhet < 1,75° (middelhardhet 0,991°)	Hardhet ≥ 1,75° (middelhardhet 3,068°)	Forskjell i dødelighet
7 og 8	Menn 621,9 Kvinner 387,0 22 kommuner / 881 283 innbyggere	Menn 584,3 Kvinner 326,3 7 kommuner / 112 246 innbyggere	Menn + 37,6 Kvinner + 40,7
3 og 6	Menn 604,0 Kvinner 401,7 18 kommuner / 208 546 innbyggere	Menn 566,8 Kvinner 375,5 3 kommuner / 37 333 innbyggere	Menn + 37,2 Kvinner + 26,2
Alle	M 613,8 / St.feil 14,9 K 382,6 / St.feil 9,7 40 kommuner / 1 089 829 innbyggere	M 579,1 / St.feil 19,2 K 341,1 / St.feil 16,8 10 kommuner / 149 579 innbyggere	Menn + 34,7 Kvinner + 41,5

Utenfor Oslofjord-området finns det bare én kommune i Hedmark, én i Oppland, to i Sør-Trøndelag, fire i Nordland, én i Troms og én i Finn-

mark som har dekning på minst 60% og justert hardhet på minst 1,75°.

En sammenligning mellom dødelighetstallene for hjerte-kar sykdom i

disse kommunene og kommuner med tilsvarende dekning med bløtt vann, blir, når forskjellen mellom regioner og kommunetyper forsøkes eliminert på samme måte som ovenfor, en sammenligning med kun én eller to kommuner i gruppen med hardt vann. Man finner intet klart bilde: Tre kommuner har således en kardiovaskulær dødelighet som for begge kjønn er høyere, fem har høyere dødelighet for det ene kjønn, lavere for det andre, og endelig har to kommuner lavere dødelighet for begge kjønn jevnført med middel-dødeligheten for nærliggende kommuner av tilsvarende kommunetype og med bløtt vann.

Diskusjon

Om man i stedet for middel-rater beregner den vanlige aldersjusterte dødelighetsrate for hjerte- kar sykdom for hver kommunegruppe i ovenstående tabell, finner man at forskjellene i hjerte-kar-dødelighet mellom de som har bløtt og de som har hardt vann, beholder samme fortegn og størrelsesorden som i tabellen.

Man har følgelig rimelig grunn til å tro at den forskjell i kardiovaskulær dødelighet som tabellen viser for Oslofjord-området, er et uttrykk for den negative relasjon mellom kardiovaskulær dødelighet og hardt vann som nå er påvist en lang rekke steder rundt om i verden (26).

Samlet er tabellens kommunegrupper med bløtt og hardt vann signifikant forskjellige med hensyn til hjerte-kar-dødelighet for kvinner ($0,05 > p > 0,01$), men ikke for menn (Wilcoxon, 2 u). En tilsvarende kjønnsfor-

skjell hva signifikans angår, er imidlertid også funnet andre steder (26).

Dette kan tenkes å henge sammen med følgende forhold: De fleste av tabellens ti kommuner med hardt vann omkranser Oslo og Drammen. Folk fra disse kommuner som arbeider i Oslo eller Drammen, vil lett få en lavere gjennomsnittlig hardhet på det vann de konsumerer, fordi disse byene har bløtt justert vann. Dette vil for flere av disse kommunene gjelde en større del av de yrkesaktive, særlig menn.

Om man forutsetter at den negative relasjon mellom hjerte-kar-dødelighet og hardt vann også gjelder for menn, vil den «sanne» hardhet for menn være lavere, og den motsvarende hjerte-kar-dødelighet blir for høy i forhold til den justerte hardhet som er beregnet for bokommunen. Dette vil svekke den statistiske rangtesting på forskjeller som her er anvendt. Den manglende signifikans behøver derfor ikke nødvendigvis representere noen avgjørende svekkelse av tilliten til at den negative relasjon gjelder for begge kjønn.

At relasjonen ikke med sikkerhet lar seg påvise utenfor Oslofjord-området, synes å ha sin rimelige forklaring i at landets øvrige kommuner med hardt justert vann forekommer så fåtallig og spredt. De fleste er små og har en vesentlig lavere dekningsprosent enn i Oslofjord-området. Sammen med de mange tidligere omtalte forhold som det ikke kan kontrolleres for, vil dette lett utviske eventuelle forskjeller.

Det synes å være enighet om at den negative relasjon mellom kardiovaskulær dødelighet og hardt vann er

kausal (11, 26). Dette skyldes først og fremst at relasjonen etter hvert er blitt påvist under svært skiftende sosiale og geografiske betingelser. En annen grunn er de undersøkelser som har vist at forandring, både på naturlig og kunstig (9) vis, av vannets hardhet, kan føre til endring av hjerte-kar-dødeligheten i samsvar med relasjonen — altså mot høyere dødelighet ved overgang til bløtere vann og lavere dødelighet ved overgang til hardere vann.

Mot en kausal sammenheng taler de undersøkelser hvor en sammenheng ikke har kunnet påvises, samt det forhold at det ikke eksisterer noen veletablert fysiologisk forklaring på denne sammenheng. (En rekke forklaringsforsøk er dog i sirkulasjon: En hypotese går ut på at hardhetsfaktorene i seg selv er biologisk betydningsfulle, en annen går ut på at hardhetsfaktorene virker hemmende på skadelige, ikke nærmere fastlagte sporstoffer, en tredje at hardhetsfaktorene fungerer som markører på tilstedeværelsen av biologisk betydningsfulle, ikke nærmere fastlagte sporstoffer.) Man er dog ikke lenger tilbøyelig til å tillegge disse undersøkelser og innvendinger avgjørende vekt.

Av de tabulerte forskjeller i dødelighet, kan man lett regne ut at senk-

ningen av middel-dødeligheten av hjerte-kar sykdom er av størrelsesorden 5—10 % når den gjennomsnittlig justerte hardhet økes fra omlag 1° til omlag 3°. Dette er i god overensstemmelse med Gardners (8) resultater, som dessuten viser at en videre økning av hardheten gir en ytterligere og proporsjonal senkning av denne dødelighet.

Det er derfor, etter alt å dømme, en profylaktisk gevinst å hente ved en riktig herding av våre mange, bløte drikkevannsforsyninger, ikke minst fordi bivirkningene ved bruk av hardt vann vesentlig er av teknisk natur, det vil i første rekke si begroing og minsket vaskeevne av fettsåper.

Før man kan gå til slike forebyggende tiltak, er det nærmest nødvendig å vite hva som er riktig, dvs. helsemessig optimal, herding. Dette forutsetter for det første en forståelse man i dag ikke har av de mekanismer som ligger til grunn for sammenhengen mellom hjerte-kar-dødeligheten og drikkevannets hardhet, dessuten at alle korreksjoner av hardhetsgraden tar utgangspunkt i vannets hardhet ved konsum — og ikke som i denne undersøkelsen i vannkildens hardhet.

LITTERATUR

1. *Allwright, S. P. A., Coulson, A., Detels, R., og Porter, C. E.*: Mortality and water-hardness. *Lancet*, 1974, II, 860—864.
2. *Anderson, T. W. og LeRiche, W. H.*: Sudden death from ischemic heart disease in Ontario and its correlation with water hardness and other factors. *Canad. med. ass. j.*, 105, 1971, 155—160.
3. *Anderson, T. W., Le Riche, W. H., og Mackay, J. S.*: Sudden death and ischemic heart disease. Correlation with hardness of local water supply. *Ney Engl. j. med.*, 280, 1969, 805—807.

4. *Anderson, T. W., Neri, L. C., Schreiber, G. B., Talbot, F. D. F., og Zdrojewski, A.*: Ischemic heart disease, water hardness and myocardial magnesium. *Canad. med. ass. j.*, 113, 1975, 199—203.
5. *Behrendt, F. B., Grunnet, K., og Mosbech, J.*: Soft water. A risk-criterion for cardiovascular disease. A Danish contribution to the Commission of the European Communities Scientific Collegium «Hardness of drinking water and public health», May, 1975.
6. *Crawford, M. D., Gardner, M. J., og Morris, J. N.*: Mortality and hardness of local water-supplies. *Lancet*, 1968, I, 827—831.
7. *Crawford, M. D., Gardner, M. J., og Morris, J. N.*: Changes in water hardness and local death-rates. *Lancet*, 1971, II, 327—329.
8. *Gardner, M. J.*: Using the environment to explain and predict mortality. *J. r. statist. soc. A*, 1973, 136, part 3, 421—440.
9. *Groover, M. E., Antell, G. E., Fulghum, J. E., Boorde, O. H., og Mahoney, W. W.*: Death rates following a sudden change in hardness of drinking water. Proceedings of a conference on cardiovascular epidemiology. Amer. heart ass., Tampa, Florida, 1972.
10. *Kobayashi, J.*: On geographical relationship between the chemical nature of river water and death-rate from apoplexy. *Ber.ohara inst. landw. biol.*, 1957, 11, 12—21.
11. *Korn, Jørn*: Sammenhæng mellem drikkevandets hårdhedsgrad og dødeligheden? *Ugeskr. læg.*, 1975, 137/42, 2476—2477.
12. *Lindeman, R. D., og Assenzo, J. R.*: Correlations between water hardness and cardiovascular deaths in Oklahoma counties. *Amer. j. publ. hlth*, 1964, 54, 1071—1077.
13. *Meyers, D.*: Mortality and water hardness. *Lancet*, 1975, I, 398—399.
14. *Morris, J. N., Crawford, M. D., og Heady, J. A.*: Hardness of local water-supplies and mortality from cardiovascular disease in the county boroughs of England and Wales. *Lancet*, 1961, I, 860—862.
15. *Mulcahy, R.*: The influence of water hardness and rainfall on the incidence of cardiovascular and cerebrovascular mortality in Ireland. *J. Irish med. ass.*, 1964, 55, 17—18.
16. *Mulcahy, R.*: The influence of water hardness and rainfall on cardiovascular and cerebrovascular mortality in Ireland. *J. Irish med. ass.*, 1966, 59, 14—15.
17. *Neri, L. C., Hewitt, D., og Mandel, J. S.*: Risk of sudden death in soft water areas. *Amer. j. epid.*, 1971, 94, 101—104.
18. *Neri, L. C., Mandel, J. S., og Hewitt, D.*: Relation between mortality and water hardness in Canada. *Lancet*, 1972, I, 931—934.
19. *Peterson, D. R., Thompson, D. J., og Nam, J.-M.*: Water hardness, arteriosclerotic heart disease and sudden death. *Amer. j. epid.*, 1970, 92, 90—93.
20. *Robertson, J. S.*: Mortality and hardness of water. *Lancet*, 1968, II, 348—349.
21. *Robertson, J. S.*: The water story. *Lancet*, 1969, I, 1160.
22. *Schroeder, H. A.*: Relations between hardness of water and death rates from certain chronic and degenerative diseases in the United States. *J. chron. dis.*, 1960, 12, 586—591.
23. Statistisk Sentralbyrå: Regional dødelighet 1969—1972. Oslo, 1974, 46, 63—74.
24. Statistisk Sentralbyrå: Standard for kommuneklassifisering. Oslo, 1975, 11—15.
25. Statistisk Sentralbyrå: Yrke og dødelighet 1970—73. Oslo, 1976, 26—31.
26. WHO Chronicle 1973: Water quality, trace elements and cardiovascular disease. 27, 534—538.