


Vejledning fra miljøstyrelsen

Kvalitetskrav til visse stoffer i drikkevandet

- Vejledning nr. 2/1984
- Maj 1984

Kvalitetskrav til visse stoffer i drikkevandet

ISBN 87-503-4909-6
ISSN 0108-6375
Notex-Grafisk Service Center as
Fu 00-30

Dette hæfte er trykt på genbrugspapir 

Indholdsfortegnelse

Side

Forord	5
Fastsættelse af kvalitetskrav til drikkevand og mulighed for at tillade højere værdier end bekendtgørelsens krav	7
Omtale af de enkelte parametre	10
Aluminium	10
Ammonium	13
Calcium	16
Fluorid	18
Total fosfor	20
Inddampningsrest	22
Kalium	23
Kaliumpermanganattal	25
Kjeldahl kvælstof	28
Klorid	29
Ledningsevne	31
Magnesium	32
Natrium	34
Nitrat	37
Sulfat	42



Forord

Miljøstyrelsen har udarbejdet denne vejledning for at give amtskommunerne og embedslægeinstitutionerne bedre grundlag for at tage stilling til dispensation fra de krav til drikkevandskvaliteten, der er fastsat i miljøministeriets bekendtgørelse nr. 6 af 4. januar 1980 om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg, som er ændret ved bekendtgørelse nr. 468 af 16. september 1983. Der er i vejledningen givet en udførlig beskrivelse af baggrunden for at kunne dispensere fra bekendtgørelsens krav, ligesom der er givet en vejledning for hver af de parametre, hvor der i bekendtgørelsen er anført: »højere værdi kan fastsættes med særlig godkendelse«.

Ved udarbejdelsen af denne vejledning har miljøstyrelsen fået værdifuld bistand af en gruppe med særlig sagkundskab indenfor toksikologi og effektvurdering. Følgende myndigheder har været repræsenteret i gruppen:

Sundhedsstyrelsens afdeling C
Sundhedsstyrelsens afdeling K
Statens Levnedsmiddelinstitut, Institut for toksikologi.

Endvidere har miljøstyrelsen rådspurgt særlig sagkyndige indenfor områderne geokemi, teknisk hygiejne og korrosion.

Vejledningen henvender sig i første række til de myndigheder, der kan fastsætte højere kravværdier, men andre myndigheder og institutioner kan bruge vejledningen til at orientere sig om baggrunden for de fastsatte krav til drikkevandet og om, hvad de enkelte krav betyder for sundheden.

Miljøstyrelsen maj 1984



Fastsættelse af kvalitetskrav til drikkevand og mulighed for at tillade højere værdier end bekendtgørelsens krav

Vejledningens formål

Formålet med denne vejledning er at give baggrund for amtsrådenes og embedslægeinstitutionernes anvendelse af kompetencen efter § 4, stk. 2, i miljøministeriets bekendtgørelse nr. 6 af 4. januar 1980, som er ændret ved bekendtgørelse nr. 468 af 16. september 1983, til at tillade højere indhold af visse stoffer i drikkevand, end det fremgår af bekendtgørelsen, jfr. bilagene til bekendtgørelsen.

Bekendtgørelsens baggrund

Bekendtgørelse nr. 6 af 4. januar 1980 om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg blev udarbejdet bl.a. på baggrund af det på dette tidspunkt foreliggende udkast til EF-direktiv om kvaliteten af drikkevand. Ved vedtagelsen af direktivet den 15. juli 1980 var der foretaget nogle mindre ændringer i forhold til det tidligere udkast. Disse ændringer er årsagen til nogle af de forskelle, som findes mellem direktivet og bekendtgørelsen nr. 6. I bekendtgørelse nr. 468 af 16. september 1983 er der foretaget nogle mindre korrektioner således, at der nu er bedre overensstemmelse mellem direktiv og bekendtgørelse om vandkvalitet.

For nogle stoffers vedkommende er der sket en skærpelse i forhold til direktivets krav. Dette skyldes, at direktivet er udformet som fælles regler for vandforsyninger, som indvinder vand fra såvel overfladevand som grundvand, og det var derfor rimeligt at tilpasse den danske bekendtgørelses krav til den generelt bedre råvandskvalitet, som grundvandet har her i landet.

EF-direktivets artikel 9 giver medlemsstaterne mulighed for at lempe direktivets kvalitetskrav, hvis dette er begrundet i naturgivne – d.v.s. geologiske – forhold på stedet. Det er denne kompetence, der i bekendtgørelse nr. 6 er overført til amtsrådene i § 4, stk. 2.

Baggrund for drikkevandskvalitetskrav

Hverken EF-direktivet eller tilsynsbekendtgørelsen giver nogen begrundelse for fastsættelsen af grænseværdier for de enkelte parametre. Det er derfor fundet hensigtsmæssigt at give amtsrådene og embedslægeinstitutionerne oplysning herom og hermed et bedre grundlag for at tage stilling til en tilladelse til højere indhold af vis-

se stoffer i drikkevandet. Under de enkelte stoffer er der gjort rede for stoffernes almindelige oprindelse, deres betydning i sundhedsmæssig eller anden henseende samt det almindeligt forekommende niveau.

Forudsætning for at tillade højere indhold af visse stoffer

Det skal fremhæves, at de højere værdier, der kan fastsættes af amtsrådet efter indhentet udtalelse fra embedslægeinstitutionen, kun kan fastsættes for de parametre, hvor der er givet hjemme hertil i direktivet, og de kan kun fastsættes med baggrund i de geologiske forhold på stedet. Selvom de samme stoffer kan forekomme i grundvandet som følge af en forureningssituation, berettiger dette ikke til at afvige fra bekendtgørelsens krav. Årsagen hertil er, at der i en forureningssituation ikke alene vil tilføres grundvandet det stof, der kan gives dispensation for, men også en lang række andre stoffer, som den almindelige vandanalyse ikke tager højde for.

Det skal desuden bemærkes, at der ikke kan dispenseres for et forhøjet indhold af et stof, hvis dette forhøjede indhold skyldes overskridelse af andre kvalitetskrav, hvortil der ikke er dispensationsadgang. Det vil for eksempel sige, at amtsrådene ikke kan give tilladelse til forhøjede aluminiumkoncentrationer i drikkevandet, hvis disse skyldes overtrædelse af bekendtgørelsens krav om, at vandet ikke må være kalkaggressivt, d.v.s. have lavt pH.

I visse geologiske aflejringer kan det være vanskeligt at afgøre, om et forhøjet indhold af et givet stof er geologisk eller forureningsmæssigt betinget. Derfor angiver vejledningen de mulige kilder til forurening af grundvandet for hver enkelt parameters vedkommende. Som det fremgår af beskrivelsen, vil en forurening ofte give sig til kende ved, at koncentrationen af flere stoffer øges samtidig, hvilket vil være en hjælp ved vurderingen.

Tilladelse til højere værdier end bekendtgørelsens krav

Når der ved flere analyser findes et forhøjet indhold af et af de stoffer, der er nævnt i bekendtgørelsen, og når stoffets tilstedeværelse eventuelt kan skyldes de geologiske forhold på stedet, bør kommunalbestyrelsen i samarbejde med embedslægeinstitutionen gennemgå vandværkerne med henblik på at finde årsagerne til det forhøjede indhold.

Når det er konstateret, at et forhøjet indhold af et stof *ikke* skyldes en lokal forureningskilde (møddinger, ensilagestakke, nedslivningsanlæg, lossepladser, utætte kloakledninger), må de lokale ansvarlige myndigheder vurdere, om det ud fra en samlet betragtning vil være forsvarligt at tillade fortsat brug.

En tilladelse til fortsat anvendelse af vand med en højere tilladelig værdi kan even-

tuelt meddeles på vilkår, enten om at udviklingen holdes under observation, eller om at der over en passende årrække søges etableret en anden vandforsyning. Kontrol af en vandforsyning kan vælges, hvis vandet gennem længere tid har vist sig at have en ret konstant sammensætning, men hvor et af stofferne ligger noget højere end grænseværdien. Anderledes er situationen, hvis der enten er kraftige svingninger i indholdet, eller hvis indholdet viser en stigende tendens. I de sidstnævnte tilfælde bør myndighederne overveje at foretage indgreb mod den eksisterende vandforsyning inden for en kortere periode.

I myndighedernes vurdering må især indgå, at vandværkerne skal levere en vandkvalitet, der tilgodeser mange forbrugerkategorier, deriblandt også spædbørnene.

Retningslinierne i det følgende, herunder om hvilke foranstaltninger der bør foretages, gælder i fuld udstrækning for almene vandforsyningsanlæg. Enkeltvandforsyningsanlæg skal som udgangspunkt overholde de samme kvalitetskrav som almene anlæg, men afgørelsen af hvilke forholdsregler, der bør træffes i anledning af overskridelse af kvalitetskravene, må træffes af kommunalbestyrelsen i samråd med embedslægeinstitution på grundlag af en konkret vurdering i det enkelte tilfælde.

Fastsættelse af højere værdi

Ved amtsrådenes vurdering af hvor høje indhold, der kan accepteres i drikkevandet efter bekendtgørelsens § 4, stk. 2, må der efter miljøstyrelsens opfattelse medtages alle de oplysninger om stoffernes sundhedsmæssige betydning, deres tilstedeværelse i den daglige kost og deres betydning som indikator for en forurening, som der er redegjort for i vejledningen. I de afsnit under omtalen af de enkelte parametre, som omhandler amtsrådenes godkendelse af højere grænseværdi, er disse forhold taget i betragtning på en sådan måde, at afsnittene enten angiver en vejledende værdi, som amtsrådene kan anvende, eller angiver hvilke nærmere overvejelser, der kan føre til godkendelse af en værdi.

Rapporteringspligt

I andet punktum i bekendtgørelsens § 4, stk. 2, er det anført, at amtsrådene skal underrette miljøstyrelsen om hvert enkelt tilfælde af dispensation fra bekendtgørelsens krav. Dette skyldes, at miljøstyrelsen i henhold til EF-direktivets bestemmelser har underretningspligt over for EF-kommissionen.

Omtale af de enkelte parametre

Aluminium

Baggrund for kravfastsættelsen

Udgangspunktet for grænseværdifastsættelsen på 0,2 mg Al/l har været et ønske om at begrænse aluminiumsindholdet til en værdi, som det var teknisk muligt at overholde med de anvendelser, der kan medføre aluminiumindhold i vandet: vandrensning med aluminiumsholdige fældningskemikalier og korrosionsbeskyttelse af rørsystemet med aluminiumanoder.

Det var hensigten at sikre, at overfladevandsbehandlingsprocessen forløb så godt, at der ikke blev for meget fældningsmiddel – og i forbindelse med det andre forureninger – tilbage i drikkevandet efter behandlingen. Endvidere skulle det sikres, at korrosionsbeskyttelsessystemer med aluminiumanoder, der påsattes ledningsnettet i husene, ikke afgav så meget aluminium, at drikkevandet blev uklart.

Kilder til grundvandets aluminiumindhold

Aluminium er næst efter silicium det almindeligste metal i jordskorpen, som indeholder ca. 8% aluminium. Dyrket jord indeholder sædvanligvis 1-6%. Ved neutral pH er aluminiumindholdet i grundvand lavt, men når pH bliver lavere end 5,5, øges vandets evne til at opløse aluminium fra jordlagene stærkt. Ved pH 5,4 er der i grundvandet konstateret aluminiumindhold på op til 10 mg/l.

Aluminium er et stof, der kun i ringe udstrækning er undersøgt for i forureningskilderne. Kun i perkolat fra lossepladser og slagter er der undersøgt herfor. Indholdet er af størrelsesorden nogle milligram pr. liter.

Menneskets aluminiumindtagelse

De væsentligste kilder til indtagelse stammer fra fødens naturlige aluminiumindhold, afdelinger fra køgegrej af aluminium og via forskellige tilsætningsstoffer i levnedsmidler (pynt på kager og sukkervarer, antiklumpningsmidler, pulvervarer og bagværk). En gennemsnitsforbruger menes dagligt at indtage omkring 15 mg aluminium. Væsentligt større belastninger vil forekomme i tilfælde af indtagelse af visse typer aluminiumholdig medicin, f.eks. midler mod for meget mavesyre. Den daglige indtagelse kan herved stige til over 1 g aluminium.

Effekter af aluminiumindtagelse

En af de første årsager til, at man blev opmærksom på aluminiums mulige sundhedsskadelige virkninger, var, at dialysepatienter i visse tilfælde fik alvorlige skader, der kunne henføres til aluminium i dialysevandet. Det drejede sig om virkninger på centralnervesystemet med tale- og sprogsvækkigheder, muskeltrækninger og epileptiske kramper til følge. Der er samtidig konstateret en forhøjelse af aluminiumindholdet på 10 gange i knogler, blodserum og i den grå hjernemasse. Patienter, der har fået næring tilført via en blodåre, har også i visse tilfælde fået for meget aluminium i sig, når proteinkilden har været hydrolyseret kasein. Hos disse patienter har der kunnet påvises et 100 gange forhøjet aluminiumindhold i urinen. I Danmark har man rensset dialysevandet ved omvendt osmose og ionbytning. Man har derved undgået høje aluminiumindhold, og man har kun i Danmark beskrevet et enkelt tilfælde af de typiske aluminiumdialysesyndromer. Man har dog fundet 3 gange højere aluminiumindhold i blodet i dialysepatienter end i andre patienter. Forklaringen kan dog også være, at der samtidig med dialysen gives aluminiumhydroxidtabletter for at binde fosfat i mave-tarmkanalen. I knogler samler aluminium sig i vækstzonerne og forårsager smerter og knogleskørhed. I den grå hjernemasse kan aluminiums ophobning bevirke de ovenfor omtalte ændringer i hjernens funktion (såkaldt dialysesdemens) med symptomer som ved senilitet, med bevægelsesbesvær, psykiske forandringer, stammen m.v. At aluminium bindes kraftigt til hjernen ses af, at dialysepatienter havde forhøjet hjernealuminium i op til 4 år efter afsluttet dialyse efter indtransplantering af nye nyrer.

Den nuværende viden tyder ikke på, at mennesket skulle være særligt aluminiumfølsomt, hvis aluminium indtages med føden eller drikkevandet. Der er ikke rapporteret bivirkninger efter indtagelse af aluminiumholdige neutraliseringsmidler mod for meget mavesyre i mængder på ca. 1 g Al/dag.

Effekter i ledningsnettet

Indholdet af opløst aluminium er meget stærkt afhængig af vandets pH. Ved pH mindre end 5,8 og større end 6,2 øges opløseligheden. Mindst opløselighed og dermed optimalt fældnings-pH for aluminium er 5,9-6,0. Er fældningen foretaget ved et for højt pH, kan der i tilfælde af pH-fald under transport gennem ledningsnettet opstå pH-værdier, hvor aluminium kan udfældes. Udfældet aluminium vil gøre vandet uklart og aflejringer vil kunne sætte sig på de steder i ledningsnettet, hvor der er tendens til stagnation.

I de husinstallationer, især varmtvandssystemer, der har aluminiumanoder som korrosionsbeskyttelse, kan det ofte være svært at tilpasse strømstyrken til vandforbruget, hvis forbruget er meget lille. Resultatet bliver blandt andet, at aluminiumindholdet i vandet bliver større end 0,2 mg/l.

Muligheder for behandling af vand med højt indhold af aluminium

De steder, hvor aluminiumindholdet i grundvandet er højt som følge af, at vandet er meget surt, opfyldes ikke de pH-krav, der er fastsat for drikkevandskvalitet. Den ønskelige neutralisering af vandet kan ske ved filtrering gennem dolomitfilteranlæg eller ved en kalkdosering. For samtidig at sikre at aluminium kan udfældes bedst muligt, må fældningen ske ved et pH på ca. 6,0. Bliver pH højere, mindses udfældningen igen, og de høje aluminiumindhold træffes igen i vandet. Den optimale fældning af aluminium fordrer formentlig et avanceret system med trinvis pH-regulering, hvor det første trin er 6,0 efterfulgt af en sedimentering/filtreringsproces og derefter pH-justering til et pH på ca. 7,5. Denne behandling kan næppe anses for realistisk på mindre vandværker og slet ikke i enkeltvandforsyninger. Miljøstyrelsen kan ikke på nuværende tidspunkt anvide enkle metoder for aluminiumfjernelse i sådanne anlæg.

Kriterier for accept af højere værdier

Da der ikke ud fra den nuværende viden synes at være nogen u hensigtsmæssige effekter af en forhøjet aluminiumindtagelse indenfor det aktuelle niveau i drikkevandet, finder miljøstyrelsen, at indhold i vandet op til 10 mg Al/l i de tilfælde, hvor det er umuligt at foretage den rette behandling, kan tolereres. Det må dog understreges, at drikkevandet på de steder, hvor aluminiumindholdet skyldes et lavt pH, må neutraliseres for at sikre, at der ikke tillige opløses store mængder tungmetaller fra husinstallationerne og yderligere aluminiummængder fra gryder, kasseroller m.m. til de levnedsmidler, der koges i dem.

Ammonium

Baggrund for kravfastsættelsen

Den højest tilladelige værdi på 0,5 mg NH_4 /l er fastsat under hensyn til, at ammonium er fremmede for vækst af bakterier og for korrosion med deraf afledede sundhedsmæssige effekter ved opløsning af tungmetaller fra vandinstallationerne. Samtidig vil tilstedeværelsen af ammonium bevirke, at en større mængde klor skal bruges til desinfektion for at opnå et tilstrækkeligt indhold af frit klor i drikkevandet.

Den vejledende værdi på 0,05 mg NH_4 /l er fastsat som et ønskeligt mål for vandbehandlingen.

Kilder til grundvandets ammoniumindhold

Ammonium dannes i naturen ved biologisk nedbrydning af kvælstofholdige plante- og dyrerester. Det træffes derfor i jord og i organisk affald. Ammoniumindhold op til 5 mg NH_4 /l ses naturligt i grundvand i visse geologiske aflejringer, i moseområder og især i marine aflejringer.

Høje ammoniumindhold træffes i husdyrgødning (2.100-4.400 mg NH_4 -N/kg), i lossepladsperskolat (50-1.000 mg NH_4 -N/l) og i spildevand (30-150 mg NH_4 -N/l). Størstedelen af kvælstofgødning til landbrugsjord udbringes som vandfrit ammoniak eller ammoniumsalte. Der er endnu ikke fundet tegn på, at denne ammoniaktilledning har påvirket grundvandets ammoniumindhold, hvilket skyldes, at den tilførte ammoniak i løbet af nogle uger efter udbringning omdannes til nitrat.

Menneskets ammoniumindtagelse

Da ammonium er et naturligt nedbrydningsprodukt af proteiner, er det især levnedsmidler, der har gennemgået en modningsproces, der er rige på ammonium (ost, modnet kød og grøntsager). Ammoniumsalte anvendes som tilsætningsstoffer i bageriprodukter, slik, fedt og olier, gelatine, syltetøj og smelteoste. Den daglige ammoniummængde, der indtages, skønnes at udgøre ca. 600 mg. Derudover vil atmosfærens ammoniumindhold bidrage med en ammoniummængde på ca. 0,5 mg (med en gennemsnits ammoniumkoncentration i luften på 0,025 mg NH_4 /m³).

Effekt af ammonium i organismen

Udover den mængde ammonium, der indtages ved føden, dannes der anseelige mængder ammonium i tarmen ved nedbrydning af protein. Ammonium absorberes let til blodet, hvor det i leveren omdannes til urinstof, således at det blod, der

forlader leveren, er praktisk taget ammoniumfrit. Skønt ammonium kan udskilles som ammoniumsalte, bliver den største del dog udskilt som urinstof. Set i forhold til de mængder, der omsættes i kroppen, og de mængder, der normalt indtages med føden, har de ammoniumindhold, der kan optræde i drikkevand, ingen betydning.

Effekter af ammonium i drikkevandet

Der skal her skelnes mellem forskellige typer problemer i ledningsnettet, som er afledt af tilstedeværende ammonium i drikkevandet.

1. Ammoniumindhold i grundvand og filterbehandling af vandet

Indeholder grundvandet op til omkring 1 mg NH_4/l vil de almindelige vandværksfiltre efter en kortere tids indkøring kunne omdanne ammonium til nitrat. Hvis ammoniumindholdet i grundvandet er for højt til den anvendte vandbehandling, således at der på vandværket ikke sker en fuldstændig iltning af ammoniummet, vil de nitrificerende bakterier, der er i vandet på sådanne anlæg, kunne bevirke en videre iltning af ammoniumindholdet i ledningsnettet. Iltningen vil ske ufuldstændigt med dannelse af nitrit som mellemprodukt inden en evt. videre omdannelse til nitrat. 1 mg ammonium kan omdannes til 2,5 mg nitrit.

2. Ammonium i grundvandet og ingen filtrering

Sådanne anlæg vil især forefindes, hvor grundvandets indhold af jern er lavt, eller hvor vandværket fjerner jern ved udfældning i jorden. Her vil ammonium kunne forekomme i drikkevandet ved afgang fra vandværket. Da der imidlertid ikke har været et filter indskudt, må det forventes, at muligheden for vækst af nitrificerende bakterier er reduceret. Der er dog især i sommerperioden i sådanne anlæg forekommet omdannelse af ammonium til nitrit i rentvandsbeholderen og i ledningsnetet.

3. Effekten af ammoniumindholdet i drikkevandet hos forbrugeren

Med stigende indhold af ammonium må det forventes, at metalafgivelsen fra vandinstallationer af messing og kobber vil øges. I kobberør i kontakt med drikkevand, der har et ammoniumindhold over 2 mg NH_4/l , kan der ske korrosion, især hvis pH i vandet samtidig er højere end 8,5. Da det under alle omstændigheder kan være svært, især i nyinstallationer, at undgå, at kobberindholdet er i nærheden af eller over grænseværdien, bør det søges undgået, at ammoniumindholdet er større end 1 mg NH_4/l .

Kriterier for accept af højere værdi

Ammoniumindhold op til 1 mg NH_4/l kan accepteres:

- hvis det kan eftervises, at kimtallet vil være rimeligt efter transporten i ledningsnettet,
- hvis opløsning af tungmetaller i husinstallationer er under de krav, der er fastsat herfor,
- hvis der ikke sker nitritdannelse i ledningsnettet. Kontrol heraf bør ske på udvalgte steder i ledningsnettet i sommerperioden. Et forbigående lavt indhold af nitrit i drikkevandet i forbindelse med isættelse af nyt filtermateriale anses for acceptabelt.

Calcium

Baggrund for grænseværdifastsættelsen

For denne parameter er der ikke fastsat nogen højest tilladelige værdi, men det er i bemærkningen til total hårdhed anført, at den totale hårdhed, der er et udtryk for summen af calcium og magnesiumindhold, bør ligge mellem 5°H og 30°H (1°H = 7,14 mg calcium eller 1°H = 4,34 mg magnesium). Calciumindholdet er ofte den dominerende ion i hårdheden. Den høje værdi for hårdheden er sat af tekniske hensyn, da hårdhed større end 30°H forøger muligheden for uønskede store kalkudfældninger i ledningsnet, installationer og husholdningsmaskiner.

Kilder til grundvandets calciumindhold

Store dele af Danmarks undergrund er rig på forholdsvis letopløselige calciumholdige aflejringer (kridt, kalk og ler). Det nedsvivende regnvand vil opløse denne kalk og overføre det til grundvandet. I specielle tilfælde kan calcium frigøres fra leraflejringer, når disse påvirkes af salt grundvand (regenerationsvand).

Forureningskilder til calcium er især lossepladsperskolat, hvor calciumindholdet kan variere fra 100 til 4.000 mg Ca/l. Også flyveaske kan indeholde væsentlige calciummængder.

Menneskets calciumindtagelse

En række fødevarer er rige på calcium, især produkter som ost, mælk (900-1200 mg Ca/kg) og rugbrød (2500 mg Ca/kg).

Det skønnes, at den daglige gennemsnitsindtagelse med kosten udgør ca. 800-1000 mg calcium, hovedsageligt stammende fra mælkeprodukter. Calciumindtaget fra drikkevandet varierer i Danmark typisk mellem 50 og 300 mg Ca/dag.

Calciums effekt i organismen

Calcium er tilstede i kroppen i større mængder end nogen anden kation. Ca. 99% af det er indbygget i knogler og tænder, mens den ene % befinder sig i den extracellulære væske. Calcium er nødvendig for blodkoaguleringen og for funktionen af hjerte, muskler og nerver.

Calcium har den gode egenskab, at stoffet formindsker absorption af tungmetaller. Forøget indtagelse af calcium er også kendt for at modvirke aflejring af strontium 90 i skelettet. Undersøgelser har vist, at en diæt med lavt calciumindhold for-

øger modtageligheden for blyforgiftning hos rotter og reducerer den toksiske grænse for bly med en faktor på 2 til 3 gange.

Nogle epidemiologiske studier synes at indikere en sammenhæng mellem lav hårdhed i drikkevandet og forekomsten af visse hjerte-karsygdomme. Denne sammenhæng har dog i andre undersøgelser ikke kunnet konstateres.

Kriterier for accept af højere værdier

Selvom hårdheden i enkelte tilfælde er over 30°H, bør de calciumindhold, der træffes i vandet i bestående vandforsyninger, accepteres. Ved udførelse af nye boringer bør der lægges vægt på at opnå kvaliteter, der er indenfor bekendtgørelsens rammer. I de vestjyske områder, hvor vandet ofte er blødt og surt, og hvor calciumindholdet kan være mindre end 35 mg/l, bør der anvendes calciumholdige baser til neutralisering af aggressiv kuldioxid i drikkevandet.

Fluorid

Baggrund for kravfastsættelsen

Den højst tilladelige værdi for fluorindholdet i drikkevandet på 1,5 mg F/l er fastsat af sundhedsmæssige årsager. Højere fluoridindhold end 1,5 mg F/l vil kunne give fluorose i mere eller mindre udtalt grad.

Kilder til grundvandets fluoridindhold

Fluoridindholdet i grundvand er næsten udelukkende bestemt af de geologiske lags afgivelse af fluorid til nedsvivende regnvand og grundvand. Der kendes kun få kilder til fluoridforurening: industrispildevand og affald fra fabrikker, der producerer fosfat-gødninger, glas og keramik. Almindeligt husspildevand kan have lidt forhøjet indhold af fluorid i forhold til drikkevandet som følge af brug af fluorid-tandpasta og mundskylninger med fluoridopløsninger. Ved boring efter grundvand anvendes i visse tilfælde fluoridholdigt boremudder. Der kan optræde stærkt forhøjet fluoridindhold i grundvandet i en periode efter boringens udførelse.

Menneskets fluoridindtagelse

De fleste fødevarer indeholder fluorid i mængder, der er mindre end 0,5 mg F/kg. Fisk indeholder op til 10 mg/kg. Theblade er stærkt fluoridholdige, op til 400 mg/kg, og vil kunne give en the af middelstyrke, tilberedt af fluoridfrit vand, et fluoridindhold på 1-2 mg F/l. Det skønnes, at det samlede fluoridindtag fra føde udgør 0,5-1 mg F/dag. Ca. 80% af fluoridindholdet i føden og 100% af fluoridindholdet i vandet vil optages. Afhængig af fluoridindholdet i drikkevandet vil den samlede mængde fluorid, der indtages i Danmark, udgøre ca. 1-10 mg/person/dag.

De amerikanske »Recommended dietary allowances« angiver en ønskelig og sikker fluoridindtagelse for voksne på 1,5-4 mg F/dag. For større børn angives 2,5 mg F/dag, for små børn i alderen 1-3 år, 0,5-1,5 mg F/dag og for spædbørn 0-1 år, 0,1-1 mg F/dag.

Effekter af fluoridindtagelse

Fluorid indbygges i hydroxyapatitkrystaller i skelet og tænder som fluorapatit. Optagelse af for store mængder fluorid kan give anledning til en uheldig mineralisering og en svækkelse af tandemaljen (fluorose).

Omfattende epidemiologiske undersøgelser af drikkevandet i Danmark har vist:

- at et indhold af fluorid op til 0,3 mg F/l ikke giver anledning til dentalfluorose.
- at et indhold af fluoridindhold på 1,5 mg F/l giver dentalfluorose af en hyppighed og sværhedsgrad, der må betegnes som ubetydelig.
- at et fluoridindhold på op til 2 mg F/l forårsager en tydelig dentalfluorose, men fremdeles af ringe sværhedsgrad og uden at udgøre et kosmetisk problem.
- at et fluoridindhold på 3,4 mg F/l bevirker en dentalfluorosehyppighed på 100% med enkelte tilfælde, der må betegnes som kosmetisk uheldige.
- at en befolkning med samme drikkevandsforsyning i øvrigt fremviser en udtalt variation med hensyn til sværhedsgrad af dentalfluorose.

Fluorid i drikkevandet har en cariesforebyggende effekt (formodentlig en virkning, der primært skyldes en konstant reparation af små afkalkninger i emaljen). Den optimale koncentration med hensyn til forebyggelse af caries anses for at være 1 mg F/l.

Ved indtagelse af fluoridmængder større end 10-20 mg/dag over længere perioder vil der udvikles skeletfluorose.

Kriterier for accept af højere værdier

Det bør af ovennævnte grunde søges undgået, at drikkevandet indeholder mere end 2 mg F/l. I tilfælde, hvor drikkevandet har et højere indhold, bør man forsøge at få koncentrationen af fluorid sænket ved at blande vand fra forskellige borer.

Nyrepatienter, patienter med polydipsi og andre personer med overdreven væskeindtagelse udgør en risikogrube, der ikke gennem længere tid bør indtage drikkevand med mere end 1 mg F/l.

Fosfor, total

Baggrund for kravfastsættelsen

Den højst tilladelige værdi for indholdet af total fosfor i drikkevandet på 0,15 mg P/l er fastsat ud fra ønsket om at undgå fosforforbindelser i drikkevandet, da det kan være et tegn på spildevandstilførsel. I EF-direktivet er der fastsat en tilladt maksimal fosforkoncentration på 2 mg P/l. Dette er gjort, fordi der i nogle af de europæiske lande accepteres en dosering af polyfosfat som korrosionsbeskyttelse af ledningsnettet. I Danmark har man ikke accepteret doseringer til drikkevand, der ikke direkte har med en nødvendig rensningsproces at gøre. Grænsen er fastsat empirisk som en sikring mod uønsket spildevandsforurening af grundvandet. Der er fra direktivet bibeholdt terminologien total fosfor, selv om de fosforforbindelser, der naturligt træffes i grundvandet, overvejende består af orthofosfat (PO₄).

Kilder til grundvandets fosforindhold

Der træffes i den danske undergrund fosfatholdige mineraler, der især indeholder calciumfosfat. Den begrænsede opløselighed, der kendetegner calciumfosfat, gør, at de indhold, der måles, som oftest er lave og i nærheden af den højst tilladelige værdi. Højere fosfatindhold træffes i grundvand, der har passeret aflejringer, der er rige på organisk stof (marine aflejringer). Grundvandet er samtidig jernfattigt.

Fosforholdige forureningskilder er:

Lossepladsperkolat	0,2 - 10 mg P/l
Spildevand	10 - 25 mg P/l
Husdyrgødning	500 - 1600 mg P/kg

Kilder til menneskets fosforindtagelse

En lang række levnedsmidler er fosforrige. Nedenfor angives en oversigt over indholdene i en række fosforrige basislevnedsmidler.

Kød	1000 - 2000 mg P/kg
Hvedemel	1000 mg P/kg
Klid	1200 mg P/kg
Mælk	900 mg P/kg
Bønner	4500 mg P/kg

Det kan nævnes, at fosforforbindelser anvendes som tilsætningsstoffer i levnedsmidler, især i form af fosforsyre og polyfosfater. Der er fastsat en maximal tolera-

bel daglig indtagelse på 70 mg P/kg/dag. Den samlede indtagelse af fosforforbindelser i Danmark, skønnes at udgøre ca. 1500 mg P/person/dag.

Effekter af indtagelse af fosforforbindelser

Fosfor hører til blandt de stoffer, der er essentielle for mennesker. Optagelse, omsætning og udskillelse foregår til dels i et kompleks samspil med calcium. Absorption af calcium og fosfat foregår optimalt, når stofferne findes i tarmen i forholdet 1,2 til 2.

Effekter af fosforforbindelser i vandforsyningsanlægget

Indhold af fosforforbindelser i ledningsnettet kan give mulighed for en kimtalsforøgelse.

Kriterier for fastsættelse af højere værdier

Der er ingen sundhedsmæssige begrundelser for ikke at acceptere de indhold af totalt fosfor, der findes i grundvandet stammende fra naturlige kilder. Ved vurdering af de fundne fosforindhold må der derfor lægges vægt på at undersøge, om der er problemer med bakterievækst i ledningsnettet, således at kravet til kimtallene ikke kan overholdes for forbrugerne.

Det skal understreges, at der i forbindelse med forekomst af forhøjet fosforindhold må lægges vægt på en samlet vurdering af permanganattallet og af indholdene af ammonium, nitrat og kalium for at sikre en udelukkelse af, at der kan være tale om en forureningssituation.

Inddampningsrest

Baggrund for kravfastsættelsen

Fastsættelsen af denne grænseværdi på 1500 mg/l er begrundet i et ønske om at holde indholdet af salte i vandet på et moderat niveau. Grænseværdien er mest begrundet i anvendelsen af vandet til vask, badning m.m. og under hensyn til, at korrosionsrisikoen øges med stigende indhold af salte.

Kilder til grundvandets inddampningsrest

Vandets inddampningsrest er det stof, der bliver tilbage, når vandet er fordampet. Denne rest er et udtryk for summen af de stoffer (salte), der findes i vandet. Kilderne til grundvandets inddampningsrest er omtalt under alle de stoffer, som tilsammen udfører inddampningsresten. Kun et meget lille antal vandforsyninger har en inddampningsrest, der overstiger den fastsatte kravværdi.

Kriterier for accept af højere værdi

Man kan acceptere inddampningsresten, når de enkelte stoffer, der indgår heri, efter en vurdering er fundet acceptable.

Kalium

Baggrund for kravfastsættelsen

Der er hverken sundhedsmæssig, smagsmæssig eller teknisk begrundelse for at fastsætte den anførte grænseværdi for kalium på 10 mg K/l. Kaliumindholdet er som en forureningsindikator fastsat så lavt for at sikre mindst muligt spildevand i råvandet til drikkevandsforsyningen.

Kilder til kaliumindholdet i grundvandet

De små mængder kalium, der opløses ved det nedsvivende regnvands passage gennem undergrunden, medfører kaliumindhold på 2-10 mg K/l i grundvandet. Surt grundvand øger muligheden for kaliumopløsning af lerminerallerne med højere kaliumindhold til følge.

En række forureningskilder indeholder kalium i væsentlig højere mængder:

Spildevand	20 - 50 mg K/l
Lossepladsperskolat	200 - 5.000 mg K/l
Husdyrgødning	1.700 - 3.700 mg K/kg

Andre kaliumkilder er kunstgødning, hvormed der hvert år udspreddes kaliummængder på 50-250 kg pr. ha. En del heraf optages ikke i planterne, men der er endnu ikke som følge heraf set en generel forøgelse af grundvandets kaliumindhold. Årsagen hertil må formentlig søges i det forhold, at kalium deltager i ionbytningsprocesser i jorden og først frigives, når ionbytningskapaciteten overskrides. Efter udspreddning af ekstremt store mængder husdyrgødning er der målt 50-150 mg K/l i grundvandet.

Menneskets kaliumindtagelse

Vigtige kilder til kalium i føden er kød, mælk og frugt. Kvindemælk indeholder ca. 500 mg K/l, modermælkserstatning indeholder 550-1700 mg K/l og komælk indeholder ca. 1400 mg K/l. Den normale indtagelse af kalium for et spædbarn er ved 2 måneders alderen ca. 800 mg pr. dag og ved 12 måneders alderen ca. 1600 mg pr. dag. For voksne personer er den normale daglige indtagelse 2.000-6.000 mg.

Kaliums effekt i organismen

Kalium er den dominerende intracellulære kation, og er af betydning for opretholdelsen af det normale osmotiske tryk i cellerne. Kalium optages let via tarmkana-

len, men selv ret store variationer i optagelsen resulterer ikke i ændrede blodværdier, idet udskillelsen gennem nyrerne sikrer konstant plasmakoncentration. Patienter, som har nedsat nyrefunktion, er derfor særlig følsomme for høj tilførsel af kalium.

Kriterier for accept af højere værdier

En indtagelse af 2 liter vand daglig med det højeste tilladelige kaliumindhold på 10 mg K/l vil kun bidrage ubetydeligt til den mængde kalium, der indtages med fast føde. Selv en flerdobbelts overskridelse af den højst tilladelige værdi på 10 mg K/l må bedømmes til at være uden betydning for den almene befolkning. Et kaliumindhold på 20 mg K/l vil næppe frembyde nogen risiko for patienter i hæmodialyse eller for patienter med nyresvigt. Det skal i denne forbindelse pointeres, at disse patienter altid vil være under lægelig kontrol, således at man vil kunne tage hensyn til denne faktor.

Kaliumpermanganattallet

Baggrund for kravfastsættelsen

I drikkevandsdirektivet er værdien for kaliumpermanganattallet fastsat som et »best technical mean« for indholdet af organisk stof i behandlet overfladevand. Den højst tilladelige værdi er som følge heraf fastsat til 20 mg KMnO_4/l . Denne værdi har man fra dansk side ment var alt for høj, når vandforsyningen var baseret på grundvand. Der blev i stedet fastsat et kaliumpermanganattal på 12 mg KMnO_4/l som højst tilladelige værdi, fordi der igennem mange år i Dansk Ingeniørforenings forskrifter for udførelse af private fællesvandværker havde været brugt en grænse for kaliumpermanganattallet på 12 mg KMnO_4/l for den helt traditionelle danske grundvandsbehandling. Ydermere kunne denne grænse overholdes af de vandforsyninger i Storkøbenhavn, der indvandt overfladevand, men som blandede det med grundvand. Endelig passede denne værdi for kaliumpermanganattallet rimeligt sammen med, at indholdet af organiske klorforbindelser kunne holdes lavt i drikkevandet, hvis sådant vand blev klorret.

Kilder til grundvandets kaliumpermanganattal

Organisk stof i grundvandet stammer fra det organiske stof, der bliver opløst i de jordlag, regnvandet passerer, eller som grundvandet kommer i kontakt med. Passage gennem humusrige lag giver derfor stor mulighed for at opløse organisk stof i større mængder. Særlig høje værdier for kaliumpermanganattal i grundvandet er set i meget dybe grundvandslag i Vestjylland (kaliumpermanganattal op til 400-500 mg KMnO_4/l). Langt den overvejende del af grundvandet i Danmark har et kaliumpermanganattal på 3-6 mg KMnO_4/l .

En lang række forureningskilder kan bidrage til forøgelse af grundvandets kaliumpermanganattal. Blandt de mest udbredte forureningskilder er nedsvivning af spildevand, udsivning af lossepladspærkøl og udsivning fra husdyrgødningsoplag. Derudover er der set grundvandsforurening med organisk stof i tilfælde af udsprøjtning af industrispildevand med højt indhold af organisk stof og ved stor spildevandsintensitet.

Et problem ved sammenligning af forureningskilder og grundvandets kaliumpermanganattal er, at kaliumpermanganattallet ikke er en anvendelig målemetode til sådanne forureningskilder. Her måles indholdet af organisk stof som regel som biokemisk iltforbrug (BI_5) eller som kemisk iltforbrug (COD). Til sammenligning skal det oplyses, at grundvand med et almindeligt lavt kaliumpermanganattal har et indhold af COD, der er mindre end 5 mgO_2/l .

COD-indholdet er i forureningskilderne:

Husspildevand	200 - 800 mgO ₂ /l
Lossepladsperskolat	1.000 - 20.000 -
Spildevand fra levnedsmiddelindustrier ...	1.000 - 50.000 -
Husdyrgødning	50.000 - 100.000 -

Effekter af indtagelse af organisk stof målt som KMnO₄

I kaliumpermanganattallet skjuler der sig en samling af forskellige, ofte højmolekylære humusstoffer, men alle er karakteriseret ved, at de kan reagere med kaliumpermanganat under mere eller mindre fuldstændig nedbrydning til kuldioxid. Det er ikke muligt at udtale sig om effekter heraf på mennesker. Det kan blot oplyses, at jo højere indholdet er af organisk stof, jo større risiko vil der være for at også uønskede toksiske stoffer kan være til stede (gælder overvejende, hvis kaliumpermanganattallet er forureningsbetinget). Omvendt kan et lavt indhold af organisk stof i vandet ikke være nogen garanti for, at der ikke kan træffes uønskede toksiske stoffer. Dette er set i en række tilfælde med pesticidforureninger.

Bliver drikkevand med højt indhold af organisk stof kloreret, kan der dannes cancerogene og mutagene stoffer. Den dannede mængde klorforbindelser, bl.a. kloroform og lignende trihalomethaner, stiger kraftigt, når indholdet af organisk stof målt som kaliumpermanganattal overstiger 12 mg KMnO₄/l.

Effekter i vandforsyningens ledningsnet

Mikroorganismen bruger det organiske stof i drikkevand som fødekilde. Derfor vil et indhold af organisk stof give mulighed for vækst af bakterier i ledningsnettet. Risikoen øges med stigende indhold af organisk stof, men mikroorganismernes vækst vil afhænge af, om typen af organisk stof passer den tilstedeværende flora. Det er set, at når to vandtyper med forskellig mikroflora og organisk stof blandes, kan den ene vandtypes indhold af organisk stof give vækstmulighed for den anden vandtypes bakterier.

Stigende indhold af organisk stof vil også påvirke farven på vandet, og dets lugt og smag kan ændre sig i en uheldig retning. Humusstofferne har endvidere evne til at kompleksbinde metaller i vandet, især jern. Organisk stof kan både øge og hæmme korrosion af installationerne.

Kriterier for accept af højere værdier

Det bør vurderes, om de mulige virkninger af forhøjet indhold af organisk stof: Far-

ve, lugt og smag, kimtalsforøgelse, metalopløsning er til stede i det aktuelle vandforsyningsanlæg. Er dette ikke tilfældet, og klores vandet ikke, er det rimeligt at acceptere værdier for kaliumpermanganattallet op til 20 mg KMnO_4/l .

Klores vandet derimod, således at der opstår et indhold af frit klor i vandet på op til 1 mg pr. l, bør kaliumpermanganattal større end 12 kun accepteres, hvis en undersøgelse for trihalomethaner har vist et tilpas lille indhold, (af størrelsesorden nogle få $\mu\text{g}/\text{l}$). En kortvarig kloring i forbindelse med desinfektion af brønde og borer anses for betydningsløs i denne sammenhæng.

Hvis der til desinfektionen af vandet i ledningsnettet kun bruges kloramin med det formål at opnå konstant lavt kimtal, kan der accepteres et kaliumpermanganattal op til 20 mg pr. l. Der bør samtidig foretages en undersøgelse for indhold af trihalomethaner.

Kjeldahl kvælstof

Baggrund for kravfastsættelsen

Kjeldahl kvælstof er et mål for organiske kvælstofforbindelser, men den analysemetode, der har givet parameteren sit navn, Kjeldahl-metoden, vil bestemme summen af indholdet af ammonium og organiske kvælstofforbindelser. Den højst tilladelige værdi på 1 mg N/l er sat empirisk for at vise, at man ønsker indholdet lavest muligt. Grænseværdien svarer nogenlunde til den laveste værdi, der kan bestemmes ved Kjeldahl-analysen.

Kilder til grundvandets Kjeldahl kvælstofindhold

Organiske kvælstofforbindelser vil sandsynligvis forekomme naturligt i grundvandet, især i moseområder og i områder med marine aflejringer, hvor indholdet af organisk stof er højt. Viden om tilstedeværelsen heraf er meget begrænset, da denne parameter ikke tidligere er indgået i grundvandsundersøgelserne.

Forureningskilderne til tilførsel af Kjeldahl Kvælstof er følgende:

Spildevand	60 - 200 mg N/l
Lossepladsperskolat	50 - 1500 mg N/l
Husdyrgødning - ajle	3500 - 6000 mg N/kg

Menneskets indtagelse af organiske kvælstofforbindelser

Der indtages dagligt en lang række organiske kvælstofforbindelser, især som proteiner, men det er ikke umiddelbart muligt at sammenligne disse stoffer med de stoffer, der kan træffes i grundvandet, da den analytiske bestemmelse ikke siger noget om arten af de organiske kvælstofforbindelser i grundvandet.

Effekter i vandforsyningsnet

Mikroorganismene bruger både det organiske stof og kvælstoffet som fødekilde. Der vil derfor være mulighed for, at indhold af organiske kvælstofforbindelser vil kunne give mulighed for vækst af bakterier i ledningsnettet. Risikoen vil stige med stigende indhold af Kjeldahl kvælstof.

Kriterier for accept af højere værdier

Det bør vurderes, om der er et forøget kintal i ledningsnettet, hvis vandet indeholder forhøjede mængder af organiske kvælstofforbindelser. Samtidig bør det observeres, om der er særlige smags-, lugt- og farveproblemer i drikkevandet. Er dette ikke tilfældet, er det rimeligt at acceptere de højere værdier, der findes, hvis indholdet af organisk stof i øvrigt er på et passende niveau.

Klorid

Baggrund for kravfastsættelsen

Grænseværdien på 300 mg Cl/l er fastsat af smagsmæssige årsager, idet kogsalt (NaCl) i vand kan erkendes som salt smag ved en koncentration på ca. 300 mg Cl/l. Den vejledende værdi på 50 mg/Cl er sat for at vise, at det er ønskeligt, at vandets kloridindhold er lavt.

Kilder til grundvandets kloridindhold

Da forekomsten af klorid altovervejende er knyttet til tilstedeværelse af salt (NaCl) er forekomst- og forureningskilder de samme som for natrium (se dette).

Kilder til menneskets kloridindtagelse

Der skal i dette afsnit også henvises til tilsvarende afsnit for natriumindtagelsen stammende fra salt. Kloridindholdet i komælk er 900 mg Cl/l, mens indholdet i modermælk er 250 mg Cl/l.

Effekter af kloridindtagelse

Klorid er den mest dominerende anion i kroppen og bidrager signifikant til det osmotiske tryk i den extracellulære væske. 88% af kloridet i kroppen er extracellulært. Vand og elektrolytbalancen vedligeholdes ved en justering af indtaget fra føde og vand og ved udskillelse gennem nyrerne og fordøjelseskanalen. Det er svært at bestemme nogen toksiske effekter efter indtagelse af klorid, fordi de fleste effekter har været knyttet til den associerede kation.

Effekter af kloridindholdet i drikkevandet

Kloridindholdet i drikkevandet har en vigtig effekt på vandets korrosive karakter. Kloridionen er lille og mobil og er ansvarlig for en væsentlig del af den elektriske ledningsevne i vandet. Idet korrosionsprocesser involverer elektrisk ledning gennem vand, vil korrosionsprocessen gå hurtigere, jo højere vandets ledningsevne er. Samtidig danner klorid opløselige salte med mange metalioner, således at der ikke vil kunne dannes beskyttelseslag på metaloverfladen.

Indholdet af klorid gør vandet særligt korrosivt, hvis dets indhold af bikarbonat er lavt. Ved en forbigående hårdhed på 5°H vil der f.eks. kunne ses en afzinkning af messing ved et kloridindhold på 30 mg Cl/l. Afgivelsen af kobber fra kobberrør synes at øges med stigende kloridindhold.

Kriterier for accept af højere værdi

Af korrosionsmæssige grunde synes en overskridelse af den højst tilladelige værdi ikke acceptabel. Snarere bør det tilstræbes, at kloridindholdet er så lavt som muligt. Set ud fra et sundhedsmæssigt synspunkt har indholdet af klorid ikke i sig selv så væsentlig betydning, men tilstedeværelsen af klorid i drikkevandet vil kunne bevirke, at tungmetalindholdet øges. Før en evt. accept af højere indhold af klorid end grænseværdien bør der på udvalgte steder i ledningsnettet foretages målinger af de metalindhold, installationerne kan afgive (kobber fra kobberrør og cadmium, bly fra galvaniserede rør).

Ledningsevne

Baggrund for kravfastsettelsen

Fastsættelsen af en grænseværdi for ledningsevnen på 100 mS/m i bekendtgørelse nr. 6 af 4. januar 1980 stammer fra det drikkevandsdirektivudkast, der forelå på det tidspunkt, da bekendtgørelsen skulle udarbejdes. Værdien blev fastsat for at vise, at det var uønsket, at drikkevandet havde et for højt saltindhold. I det drikkevandsdirektiv, der blev vedtaget den 15. juli 1980, har man undladt at fastsætte nogen højst tilladelig værdi for denne parameter. Ved den foretagne ændring af bekendtgørelsen (den 16. september 1983) er en højst tilladelig værdi udeladt.

Kilder til grundvandets ledningsevne

Ledningsevnen i grundvandet er et samlet udtryk for de kat- og anioner, der findes i drikkevandet. Hver ion har sin specifikke ledningsevne. Der er dog ikke, som det fremgår af nedenstående tabel, den helt store forskel på den ledningsevne et ækvivalent (val.) af de forskellige betydende kationer giver. Forskellen er større på anion-siden. Bikarbonatindholdet bidrager kun med ca. halvdelen pr. ækvivalent af det, klorid og sulfat bidrager med.

Tabel 1 Ledningsevne for de enkelte ioner (S/m)/(l/val)

Kationer ved 18°C	ved 25°C	Anioner	ved 18°C	ved 25°C
Na ⁺	4,26	HCO ₃ ⁻	3,82	4,45
K ⁺	6,37	CO ₃ ²⁻	6,05	8,6
NH ₄ ⁺	6,36	Cl ⁻	6,63	7,63
Ca ²⁺	5,04	NO ₃ ⁻	6,26	7,14
Mg ²⁺	4,46	SO ₄ ²⁻	6,87	7,98
H ₃ O ⁺	31,5	OH ⁻	17,4	20,0

Kilder til ledningsevnen er derfor summen af kilder til de enkelte ioner såvel de, der opløses fra de geologiske lag, som de, der kan komme til grundvandslagene via infiltreret havvand og dybere liggende salt grundvand. Dertil kommer de forureningskilder, der kan bidrage hertil (se de enkelte stoffer). Ledningsevnen varierer normalt mellem 30 og 130 mS/m i grundvandet.

Magnesium

Baggrund for kravfastsættelsen

Den højest tilladelige værdi for magnesiumindholdet på 50 mg Mg/l er fastsat af hensyn til, at indholdet af magnesiumsalte giver vandet en bitter smag. Samtidig kan indtagelse af drikkevand med et magnesiumindhold på over 50 mg Mg/l, som magnesiumsulfat, bevirke en afførende effekt.

Kilder til grundvandets magnesiumindhold

Magnesium er et af de mest almindeligt forekommende elementer i jordskorpen og udgør ca. 2% heraf. Magnesium indgår i magnesiumcarbonater og -silikater, som regnvandet vil kunne opløse på sin vej mod grundvandet. Magnesiumindholdet i uforurenede grundvand i Danmark varierer ofte mellem 5 og 30 mg Mg/l. Højere indhold træffes især i områder, hvor havvand eller salt grundvand opblandes i det ferske grundvand. Magnesiumindhold i havvand kan typisk være ca. 1200 mg Mg/l og i salt grundvand i forbindelse med stensalt aflejringer op til 70.000 mg Mg/l.

Magnesiummængden, der tilføres med regnvandet, udgør ca. 3 kg Mg/ha/år. Magnesiumindholdet i specialgødninger kan variere fra 10 til 25 g Mg/kg.

Magnesiumindholdet er i de typiske forureningskilder:

Spildevand	10 - 50 mg Mg/l
Lossepladspokolat	100 - 500 mg Mg/l
Husdyrgødning - ajle	10 - 100 g Mg/l

Menneskets magnesiumindtagelse

Forskellige kategorier af fødevarer er rige på magnesium. Karakteristiske indhold i mg/kg er for nødder 1900, kornprodukter 800, fisk 350, kød 250, grøntsager 200 og mælkeprodukter 150. Det skønnes, at den daglige kost giver en magnesiumindtagelse på 250 til 500 mg pr. dag.

Magnesiums effekt i organismen

Magnesium er et essentielt mineral for mennesker, idet magnesium er en af de vigtige elektrolytter i legemet. Indholdet i kroppen er ca. 350 mg pr. kg. legemsvægt. Mere end halvdelen af magnesiummængden er oplagret i skelettet. Det skønnes, at det er nødvendigt for voksne at indtage ca. 4 mg Mg/kg legemsvægt for at opretholde magnesiumbalancen. Indtagelse af vand med et magnesiumsulfatindhold på

over 700 mg/l (130 mg Mg/l) giver en afførende effekt. Hos de mest følsomme personer ses effekt ved indtagelse af drikkevand med et indhold af magnesiumsulfat på omkring 300 mg/l (50 Mg/l).

En nærmere gennemgang af de problemer, der opstår, når magnesium er tilstede sammen med sulfat, har vist, at der ikke umiddelbart er et smagsproblem, før indholdet af magnesium overstiger 100 mg/l. Derimod viser det sig, at tilstedeværelsen af klorid i drikkevandet samtidig med magnesium allerede ved koncentrationer på 10 mg magnesium og 35 mg klorid i destilleret vand giver vandet en tydelig bitter smag. Der synes imidlertid ikke at være smagsproblemer med de magnesiumindhold, der normalt træffes i hårdt dansk grundvand, selv om både magnesium- og kloridindholdet er oppe på over det dobbelt af de ovennævnte koncentrationer.

Kriterier for accept af højere værdi

Afgørende for accept af højere magnesiumindhold end 50 mg Mg/l vil være, om de tilstedeværende anioner, klorid og sulfat findes i så høje koncentrationer, at vandet får afsmag (klorid) eller giver anledning til en afførende effekt (for sulfat større end 250 mg/l).

Natrium

Baggrund for kravfastsættelsen

Den højst tilladelige værdi for natriumindholdet i drikkevand på 175 mg Na/l er fastsat af både smagsmæssige og sundhedsmæssige årsager.

Natriumindholdet i drikkevandet vil overvejende være tilstede sammen med klorid som natriumklorid eller med bicarbonat som natriumbicarbonat. Den saltkoncentration i vandet, som kan erkendes som saltsmag, vil være individuelt bestemt, men vil typisk variere mellem 120 og 270 mg Na/l. Natriumindholdet på 175 mg/l svarer til medianværdien for smagsgrænserne.

Den sundhedsmæssige begrundelse for at fastsætte en grænseværdi for natriumindholdet i drikkevand er natriums mulige indvirkning på blodtryks sygdommes forekomst og forløb. Ved fastsættelse af grænseværdien for natrium i drikkevandet besluttede man, at max. 10% af en gennemsnitlig daglig saltindtagelse på 10 g NaCl måtte stamme fra drikkevand. Dette medførte ved en daglig indtagelse af 2 l vand, at natriumindholdet i drikkevandet højst måtte være 175 mg Na/l.

Den vejledende værdi for natriumindholdet i drikkevandet på 20 mg/l er anført for at vise, at det er ønskeligt, at natriumindholdet er så lavt som muligt.

Kilder til natriumindholdet i grundvandet

De geologiske lags indhold af natrium er sammen med eventuelt oprængende salt grundvand eller havvand i borerne bestemmende for natriumindholdet i det op-pumpede grundvand. Dertil kommer, at der fra atmosfærisk nedfald årligt tilføres en saltmængde på ca. 30 kg Na/ha. Nedvasket til grundvandet vil dette give grundvandet et natriumindhold på ca. 15 mg Na/l.

Forureningskilder, der kan bidrage til grundvandets natriumindhold er følgende:

Vejsaltning	50 - 1000 g NaCl/m ² vej/år
Spildevand	100 - 1000 mg Na/l.
Lossepladspervolat	100 - 2000 mg Na/l.
Husdyrgødning	500 - 1100 mg Na/kg.

Kilder til menneskets natriumindtagelse

Danskerne indtager gennemsnitlig ca. 10 g kogsalt dagligt (4 g natrium). Saltindtagelsen varierer mellem ca. 6 og 18 g. Ved indtagelse af 10 g kogsalt vil gennemsnitlig 2 g stamme fra fødevarernes naturlige indhold, 5 g fra industriel forarbejdning og

3 g fra tilberedning i hjemmet og tilsætning ved bordet. Indtagelse af 2 l vand med et natriumindhold på 175 mg Na/l svarer til en daglig indtagelse af salt på ca. 1 g. Indholdet af natrium i komælk er 580 mg Na/l, mens indholdet i modermælk er 150 mg Na/l. Indholdet af natrium i kød og fisk er 500-600 mg Na/kg, mens forarbejdede produkter f.eks., bacon og spegepølse indeholder 10.000 og 20.000 mg Na/kg.

Effekter af natriumindtagelse

Indtagelse af salt i de mængder, der kendes i Danmark og andre lande med samme saltindtag, kan være medvirkende til, at blodtrykket stiger med alderen. Af den årsag er det af World Health Organisation i 1978 anbefalet, at saltindtagelsen søges reduceret til 3 g NaCl/dag.

Tabel 2. Relationer mellem legemsvægt, daglig natriumoptagelse fra mælkepulver og vand, for børn ernæret med modermælkserstatning.

Alder	Vægt	Dagligt kalori-forbrug-		Daglig vand-indtagelse	Natriumindtagelse fra mælkepulver.		Natriumindtagelse fra vand.	
		Kcal	KJ		v. 30 mg/100 kcal	v. 50 mg/100 kcal	v. 20 mg/l	v. 175 mg/l
Mdr.	Kg.	Kcal	KJ	ml	mg/dag	mg/dag	mg/dag	mg/dag
0	3	375	1570	580	113	188	12	100
	4	500	2093	770	150	250	15	135
	5	625	2616	960	188	313	19	170
	6	750	3140	1150	225	375	23	200
	7	875	3663	1350	263	438	27	240
6	8	1000	4186	1540	300	500	31	270

Risikogrupper

Børn og især spædbørn er mindre salttolerante end voksne. 1 g salt/kg legemsvægt er dødelig for helt små børn. De amerikanske »Recommended dietary allowances« angiver en passende daglig indtagelse af natrium for spædbørn til 115-350 mg i alderen 0-½ år og 250-750 mg for børn, der er ½-1 år gamle. Det er samtidig anbefalet, at modermælkserstatninger skal indeholde min. 20 mg natrium/100 kalorier og max. 60 mg natrium/100 kalorier. Modermælkserstatninger, der sælges i Danmark, indeholder mellem 30 og 50 mg natrium/100 cal. I ovenstående tabel er angivet de natriumindtag, der vil komme fra drikkevandet og fra modermælkserstatning ved forskellige indhold af natrium i mælkepulver og drikkevand. Hvis drikke-

vandet indeholder mere end 50 mg Na/l, bør det anbefales at anvende mælkepulver med lavt natriumindhold.

Til patienter på særlig natriumfattig diæt (< 500 mg Na/dag) kræves drikkevand med mindre end 20 mg Na/l. For den del af befolkningen, som er på diæt med et natriumindtag på mindre end 2 g/dag, kan natriumindholdet i drikkevandet være højere, men det er ofte foreslået, at drikkevandet ikke bør indeholde mere end 100 mg Na/l til disse personer.

Effekter af natriumindholdet i ledningsnettet

Natriumindholdet i drikkevandet indvirker på vandets korrosive karakter. Effekten af et højt natriumindhold viser sig bl.a. ved, at risikoen for gennemtæring af kobberrør øges væsentligt. Af hensyn til korrosion af installationsmaterialene er det ønskeligt, at natriumindholdet holdes så lavt som muligt.

Kriterier for accept af højere værdi

I områder med natriumindhold på mere end 175 mg Na/l i drikkevandet bør risikogrupper informeres særskilt, mens følgende begrænsninger meddeles befolkningen generelt:

1. Vandet bør ikke anvendes til fremstilling af modermælkserstatninger.
2. Anvendelse af salt i kogevand for kartofler og grøntsager bør nedsættes, eventuelt helt udelades.
3. Anvendelse af salt som tilsætning ved bordet bør mindskes, eventuelt undlades.
4. Indtagelse af industrielt fremstillede levnedsmidler med højt saltindhold bør begrænses.

Ved iværksættelse af sådanne begrænsninger i saltindtagelsen fra fast føde vil man kunne kompensere for forhøjet indtagelse med drikkevand i intervallet 175-500 mg Na/l. Under hensyn til, at smagsgrænsen for saltsmag overskrides omkring grænseværdien, og at korrosion og dermed metalindhold i drikkevand øges, bør der kun undtagelsesvis accepteres natriumindhold over 300 mg Na/l.

Nitrat

Baggrund for kravfastsættelsen

Den højst tilladelige værdi på 50 mg NO_3^-/l er fastsat af sundhedsmæssige årsager. Øget indtagelse af nitrat øger muligheden for omdannelse af blodets hæmoglobin til methæmoglobin.

Da spædbørn er særligt følsomme, har man anbefalet, at vand til mælkeblanding har et nitratinhold på ikke over 25 mg pr. l. (Vejledende værdi). WHO havde i 1970 i »European Standard for Drinking Water« anført, at nitratinhold op til 100 mg pr. l var acceptable ud fra en sundhedsmæssig vurdering af forekomsten af methæmoglobin i blodet. Under drøftelserne af EF-direktivet i slutningen af 1970'erne var man opmærksom på undersøgelser, der tydede på, at mavekræft kan være forbundet med indtagelse af nitrat, der kan omdannes til nitrosaminer. Både risikoen for methæmoglobindannelse hos spædbørn og mistanken om betydningen af nitratinntagelsen for kræftforekomsten var medvirkende til, at man fastsatte grænsen på 50 mg/l.

Kilder til grundvandets nitratinhold

Tilstedeværelsen af nitrat i grundvandet i Danmark er i det væsentlige forårsaget af den kvælstofomsætning, der foregår ved dyrkning af jorden. Bliver den overskydende nitratmængde ikke fuldstændig reduceret til frit kvælstof, enten fordi vandets passage gennem den umættede zone til grundvandet er for hurtig (i højtliggende kalkområder), eller fordi jordlagene har en begrænset reduktionskapacitet (rene sandområder), vil nitrat optræde i grundvandet. Den mængde nitrat, der nedvaskes til grundvandet, afhænger af gødningstilførslen (husdyr- eller handelsgødning), af dyrkningsform og af afgrødevalg. Med regnen tilføres en kvælstofmængde på ca. 12 kg N pr. ha.

Udover tilførslen fra dyrkning af jorden er der en række kvælstofholdige forureningskilder, der i jorden kan omdannes til nitrat og give anledning til forekomst af nitratinhold i grundvandet.

Nedenfor er angivet kvælstofindholdet i en række forureningskilder:

Spildevand (husspildevand - toiletspildevand)	60 - 200 mg N/l
Lossepladsperkolat	50 - 1500 mg N/l
Husdyrgødning	3500 - 6000 mg N/kg

Hvis hele denne mængde kvælstofforbindelser omdannes til nitrat, er der 4,5 gange den anførte mængde som nitrat.

Menneskets nitratindtagelse

Nitrat er en naturlig bestanddel i de grønne planter, og indholdet varierer meget afhængig af typen af grøntsag. Men inden for den samme grøntsag kan nitratindholdet også variere, afhængig af vækstbetingelser og tidspunkt for høst efter gødsking. Nitratindholdet varierer mellem 50-100 mg/kg (kartofler) og op til adskillige tusinde mg/kg (salat). Det skønnes, at den almindelige danske kost medfører en gennemsnitlig nitratindtagelse på ca. 50 mg/dag.

Effekter af nitratindtagelse

Nitratomsætningen i kroppen

Nitrat fra mad eller drikkevand vil fra den øverste del af mave-tarmkanalen optages i blodet. Størstedelen af det optagne nitrat udskilles uomdannet via nyrerne. En mindre del udskilles i spyttet 2-4 timer efter nitratindtagelsen. I mundhulen sker der en bakteriel reduktion af nitrat til nitrit. Omkring 5% af det indtagne nitrat kan på denne måde omdannes til nitrit. Fra den øverste del af mave-tarmkanalen vil en del af nitritet optages i blodet.

Hvis syreproduktionen i maven er nedsat eller ikke er fuldt udviklet, som f.eks. hos spædbørn, kan der endvidere i maven ske en betydelig bakteriel reduktion af det tilførte nitrat, ofte med dannelse af store mængder nitrit til følge (10-100 mg NO_2^-/l).

Nitrit optaget i blodet reagerer med hæmoglobin under dannelse af methæmoglobin, der ikke er i stand til at binde ilt. Samtidig iltes nitrit til nitrat, som igen dels udskilles gennem nyrene dels gennem spytkirtlerne. I mundhulen kan nitrat igen omdannes til nitrit og processen gentages.

Ud over den omtalte nitrat/nitratomsætning i kroppen sker der en løbende omdannelse af andre kvælstofforbindelser til nitrat. Forsøg har vist, at mennesker udskiller mere nitrat, end de indtager. Særlig stor indre nitratdannelse kan muligvis finde sted, hvis mennesker får infektionssygdomme.

Undersøgelser har vist, at kvinder, som ammer og som indtager store nitratmængder, ikke overfører nitrat til modermælken i betydende mængder.

Omdannelse af blodets hæmoglobin til methæmoglobin

Indholdet af methæmoglobin i blodet er hos voksne normalt af en størrelsesorden på 1-2% af den samlede hæmoglobinmængde. Hos børn og specielt spædbørn under 3 måneder ses under forskellige omstændigheder, bl.a. ved infektionssygdomme, noget højere indhold af methæmoglobin (6-10%).

I forbindelse med indtagelse af mælkeblandinger fremstillet af vand med højt ni-

tratindehold kan methæmoglobindannelsen blive så stor, at børnene får den sygdom, der kaldes methæmoglobinæmi. Ved methæmoglobindehold på omkring 10% optræder en svag blåfarvning af læber og hænder. Ved stigende omdannelse af hæmoglobin til methæmoglobin ses tiltagende blåfarvning og symptomer som åndenød. Ved methæmoglobindehold højere end 50% kan sygdommen være dødelig.

Årsagen til, at nitrat i drikkevand især er en risiko for spædbørn, der får modermælkserstatning, skal søges i følgende forhold:

- Spædbørn indtager forholdsvis meget vand pr. kilo legemsvægt.
- Spædbørn har et lavt syreindhold i maven, hvilket muliggør vækst af bakterier, der kan reducere nitrat til nitrit. Specielt hvis børnene får infektionssygdomme i mave-tarm-systemet, kan dette være en risiko.
- Spædbørns hæmoglobin omdannes særlig let til methæmoglobin af nitrit.
- Spædbørn har nedsat aktivitet af visse enzymer, som igen omdanner methæmoglobin til hæmoglobin.

Fra flere lande foreligger rapporter, om at nitratholdigt drikkevand har givet anledning til methæmoglobinæmi, selvom børnene har fået modermælkserstatning fremstillet af vand med et nitrathold på kun omkring 50 mg/l. Årsagen til, at der tilsyneladende forekommer væsentlig flere methæmoglobintilfælde ved lave nitratkoncentrationer i visse lande, er ikke klarlagt. Man har forsøgt at begrunde det med de hygiejniske forhold og børnenes ernæringstilstand.

I nogle lande indtræffer stadig hvert år spædbørnsdødsfald, når børnene har fået mælkeblandinger med for højt nitrathold. I Danmark er der siden 60'erne beskrevet 5 tilfælde – dog uden dødelig udgang – af methæmoglobinæmi, som alle har kunnet sættes i relation til vand med over 170 mg NO_3^-/l anvendt til mælkeblandinger. Karakteristisk har alle methæmoglobintilfælde her i og i udlandet kunnet sættes i forbindelse med drikkevand fra brønde af tvivlsom mikrobiologisk kvalitet.

Andre effekter af nitratinntagelse – dannelse af nitrosoforbindelser

Nitrit kan reagere med organiske aminer og amider under dannelse af forskellige nitrosoforbindelser. Disse nitrosoforbindelser er vist at kunne dannes i den menneskelige organisme efter indtagelse af nitrat og/eller nitrit. Størstedelen af de undersøgte nitrosoforbindelser har vist kræftfremkaldende effekt i dyreforsøg. Det er fortsat uafklaret om nitrosoforbindelser er kræftfremkaldende for mennesker, men på baggrund af dyreforsøg må man regne med denne mulighed. Det er ligeledes ikke afklaret, hvilke nitrosoforbindelser og hvor meget der eventuelt kan dannes ved den indre produktion. Usikre skøn anslår mængderne til mindst at være af

størrelsesorden mikrogram/dag. Indtagelse af C-vitamin er i stand til at hæmme dannelsen af nitroso-forbindelser.

Nitroso-forbindelser er også tilstede i kosten i små mængder (af størrelsesordenen max. 1µg/dag. Cigaretter vil være en kilde til nitroso-forbindelser (af størrelsesordenen 1µg/cigaret), ligesom visse industrier (gummi, læder) kan udsætte arbejderne for en væsentlig exponering af nitroso-forbindelser.

Der er udført en række epidemiologiske undersøgelser for at belyse en eventuel sammenhæng mellem øget nitratindhold i maden, specielt i drikkevand, og en evt. øget mavecancerhyppighed i den pågældende befolkning. Materialet er imidlertid for ufuldstændigt til at drage en sikker konklusion. I nogle af undersøgelserne bl.a. foretaget i Columbia og Danmark er der en tendens til samtidig forekomst af højt nitratindhold i drikkevand, og øget risiko for mave- og/eller spiserørs-cancer. Undersøgelser udført bl.a. i England og Chile støtter ikke antagelsen af, at nitrat i drikkevand har betydning for udvikling af mavecancer, men udelukker den på den anden side heller ikke sikkert. Undersøgelser i Frankrig, Italien og Ungarn er metodemæssigt for utilstrækkelige til, at man kan drage konklusioner.

Den danske undersøgelse, hvor cancerfrekvensen i Aalborg og Aarhus er blevet sammenlignet, viser, at der i Aalborg, hvor nitratindholdet i drikkevandet er højere end i Aarhus, er en forøget risiko på ca. 20%. Den samtidige forekomst af forhøjet risiko for mavecancer og forhøjet nitratindhold i drikkevandet i Aalborg er ikke ensbetydende med, at der findes en årsagsmæssig sammenhæng. Men på baggrund af den øvrige viden, der findes om nitrat, støtter fundet en mulig svag rolle for nitrat i udviklingen af sygdommen. Undersøgelsen viser samtidig, at antallet af mavecancertilfælde i både Aalborg og Aarhus i undersøgelsesperioden 1943 til 1972 er faldet til mellem ¼ og ½ af de tilfælde, der var i 1943. Tilsvarende fald er set i en række andre lande. Dette betyder, at der også må være andre forhold end nitrat-indtaget via drikkevand, der har betydning for forekomsten af mavecancer.

Kriterier for accept af højere værdi

Risiko for methæmoglobinæmi hos spædbørn er til stede, hvis børnene indtager modernælkserstatninger fremstillet af vand med et nitratindhold over 50 mg NO₃/l. Særlig forsigtighed med nitratindtagelse tilrådes, hvis spædbørnene har infektionssygdomme. Spædbørn bør derfor ikke indtage vand, der indeholder mere end 50 mg NO₃/l.

Usikkerheden om en eventuel sammenhæng mellem indtagelse af nitrat og en mulig øget risiko for mavecancer berettiger til, at man for befolkningen som helhed bør søge at begrænse nitratindtagelsen mest mulig. Det tilrådes, at vandforsyninger, der udsender vand med et nitratindhold større end 50 mg NO₃/l, søger at skaffe en

anden vandforsyning snarest mulig. En tidsbegrænset dispensation fra bekendtgørelsens krav kan gives til vandforsyninger, hvor grundvandskvaliteten inden for et større område har et nitratindhold på mellem 50-100 mg NO_3/l , og hvor der ikke umiddelbart er mulighed for at etablere en anden vandforsyning. Dispensationsperioden må fastsættes ud fra en vurdering af nitratindholdets størrelse, dets udviklingstendenser samt af muligheden for at fremskaffe anden vandforsyning. Dispensationen bør maksimalt gives for 5 år. I dispensationsperioden må vandkvaliteten holdes under nøje observation. Hvis det kan forudsiges, at nitratindholdet hurtigt vil nå op på over 100 mg NO_3/l , bør der ikke gives dispensation.

Der bør ikke gives dispensation for nitratindhold, der overstiger 100 mg NO_3/l . Indholder drikkevandet over 100 mg NO_3/l , må der gives påbud efter vandforsyningslovens § 62 om at skaffe en anden vandforsyning inden for en kort periode (ca. 1 år). Endvidere skal det overvejes, om der er behov for etablering af nødvandforsyning.

Sulfat

Baggrund for kravfastsættelsen

Den højst tilladelige værdi på 250 mg SO_4/l er fastsat bl.a. af smagshensyn, idet sulfat sammen med kationer som magnesium og natrium giver anledning til en bitter smag. Endvidere kan tilstedeværelse af magnesiumsulfat i drikkevandet bevirke en afførende effekt, hvis indholdet af sulfat overstiger ca. 250 mg SO_4/l . (300 mg MgSO_4/l).

Smagsgrænsen for natriumsulfat og magnesiumsulfat er ikke helt sammenlignelige med den fastsatte grænseværdi. Opløsning af natriumsulfat i destilleret vand kan smages allerede ved et sulfatindhold på 50 mg SO_4/l , mens andre undersøgelser i drikkevand angiver smagsgrænser for natriumsulfat på 150 til 400 mg SO_4/l . Magnesiumsulfat skulle først give anledning til bitter smag ved et sulfatindhold på 275 til 400 mg SO_4/l .

Den vejledende værdi på 50 mg SO_4/l er sat for at vise, at det er ønskeligt, at vandets sulfatindhold er lavt.

Kilder til grundvandets sulfatindhold

En række geologiske lag indeholder sulfat i form af calciumsulfat, men en del sulfat opstår også ved iltning af sulfidholdige lag. Havvand og salt grundvand indeholder sulfat i mængder på 500–3.000 mg SO_4/l . Med regnvandet tilføres årligt 15 kg SO_4/ha . Sænkning af grundvandsstanden kan i visse områder medføre en kraftig øgning af grundvandets sulfatindhold.

Forureningskilder, der kan bidrage til grundvandets sulfatindhold er følgende:

Lossepladspervolat	100 - 2.000 mg/l
Perkolat fra deponering af flyveaske og gipsaffald	1.000 - 15.000 mg/l

Menneskets sulfatindtagelse

Det skønnes at det daglige indtag af sulfatforbindelser med føden udgør ca. 500 mg SO_4/dag .

Effekter af sulfatindtagelse

Sulfat er en af de mindste toksiske ioner, idet det absorberes dårligt i fordøjelseskana-len. Dødelig dosis i form af kaliumsulfat eller zinksulfat er 45 g. Spædbørn, der

indtager sulfat i mængder på 20-80 mg/kg/dag kan få diarré. Vand der indeholder ca. 700 mg SO_4/l som magnesiumsulfat, virker som afføringsmiddel.

Koncentrationer af magnesiumsulfat ned til ca. 250 mg SO_4/l forårsager diarré hos meget følsomme personer, og koncentrationer over 500 mg SO_4/l kan påvirke nye forbrugere. Mennesker kan vænne sig til højere koncentrationer, uden det bevirker en afførende effekt.

Effekter af sulfat i ledningsnettet

Højt sulfatindhold i drikkevandet øger vandets korrosive karakter. Effekten viser sig såvel overfor kobberrør som overfor varmforzinkede stålrør.

Rørmaterialerne rammes af forøget tilbøjelighed til gennemtæring, og metalafgivelsen til drikkevandet forøges. Herved kan de fastsatte grænser for kobber og zink blive overskredet.

Kriterier for accept af højere værdi

Indeholder vandet både magnesium og sulfat i mængder over henholdsvis 50 mg Mg/l og 250 mg SO_4/l , kan der være en afførende effekt hos de mest følsomme personer. Det synes derfor ikke rimeligt at acceptere væsentlig højere sulfatindhold end 250 mg SO_4/l , hvis magnesium samtidig er tilstede.

Ved høje sulfatindhold i drikkevandet må det anbefales at anvende andet vand til fremstilling af modermælkserstatning, hvis spædbørnene udviser tilbøjelighed til diarré.

Før accept af højere sulfatindhold i drikkevand end 250 mg SO_4/l må det på udvalgte steder i ledningsnettet hos forbrugere med kobberinstallationer undersøges, om kravene til kobberindholdene kan overholdes.