

# Uorganiske sporstoffer

## Indledning

En række uorganiske sporstoffer, det vil sige stoffer der forekommer naturligt i relativt små mængder, typisk i størrelsesordenen mikrogram pr. liter, overvåges regelmæssigt i grundvandsovervågningsprogrammet. De samme stoffer måles også af vandværkerne i deres vandforsyningsboringer, den såkaldte boringskontrol, men langt mindre hyppigt og uregelmæssigt. Omfanget af dette måleprogram afhænger af den udpumpede vandmængde. Vandforsyningsanlæg under 3000 m<sup>3</sup> kontrolleres ikke, boringer til anlæg mellem 3000 og 35.000 m<sup>3</sup> kontrolleres hvert 5. år, for anlæg mellem 35.000 og 1.500.00 kontrolleres boringerne hvert fjerde år, og for anlæg der er større kontrolleres boringerne hvert 3 år. Endelig overvåges et mindre antal uorganiske sporstoffer i landovervågningsprogrammets grundvandsdel.

Stofgruppen uorganiske sporstoffer omfatter grundstoffer af vidt forskellig karakter, bl.a. tungmetaller men også andre grundstoffer som f.eks. arsen. Inden for gruppen medtages også cyanid, der består af kulstof og kvælstof og som dannes ved forbrænding ved høje temperaturer, typisk i f.eks. traditionelle gasværker. For en lang række sporstoffer må det anses for sandsynligt, at de målte indhold ud over den naturligt forekommende baggrundsværdi også rummer bidrag fra samfundsmæssig aktivitet.

I miljømæssig henseende kan de uorganiske sporstoffer opdeles i 3 grupper: 1) de toksiske der har sundheds- og miljømæssigt skadelige effekter (humantoksiske og økotoksiske) selv ved små koncentrationer; 2) de såkaldt essentielle, der omfatter stoffer som er nødvendige for den menneskelige organisme i små mængder, men som er sundhedsskadelige og økotoksiske i større koncentrationer; 3) en tredje gruppe af stoffer som normalt ikke optræder i så høje koncentrationer at de udgør et problem, men hvis baggrundskoncentrationer har relevans, og som i den rette mængde og form kan have både humantoksikologiske og økotoksikologiske effekter.

Til de toksiske stoffer hører bl.a. antimon, arsen, bly, cadmium, kviksølv samt cyanid. Arsen er yderst giftigt for mennesker, og visse uorganiske arsenforbindelser kan forårsage kræft hos mennesker (Miljøstyrelsen 1995). Til de essentielle hører bl.a. chrom, kobber, nikkel, zink og selen. For selen er forskellen mellem nødvendigt indtagelse og giftvirkning relativt lille. De forskellige grænseværdier er sammenstillet i tabel 3.1.

Grundvandets kemiske sammensætning benævnes ofte grundvandskvaliteten, fordi grundvandets indholdsstoffer har en afgørende indflydelse på anvendelsen af vandet f.eks. til drikkevandsforsyning. For vand, der anvendes til drikkevand, er der fastsat grænseværdier bl.a. for indholdet af uorganiske sporstoffer. Med baggrund i vandforsyningsstrukturen er grænseværdierne opdelt i én kravværdi ved afgang fra vandværk og en anden (højere) værdi ved forbrugers taphane (Miljø- og Energiministeriet 2001).

Grundvandskvaliteten har derudover indflydelse på flora og fauna i vandløbene, hvis vandføring især i sommerhalvåret i høj grad eller overvejende består af grundvand. Grundvand, som dannes forholdsvis nær et vandløb, bevæger sig relativt tæt under jordoverfladen og kommer frem i vandløbet nær bredden, mens grundvand som dannes langt fra vandløbet bevæger sig i dybere strømningsbaner og kommer frem i vandløbet gennem dets bund, centralt i vandløbet. Grundvandets indhold af uorganiske sporstoffer, som bl.a. er bestemt af strømningsbanernes dybde og dermed af kontaktbjergarter og redoxzoner, er medbestemmende for hvilke flora og fauna, der kan leve i vandløbet. Terrænnært strømmende grundvand vil være præget af sporstoffer, som er tilført fra overfladen og som afhænger af arealanvendelsen, mens dybere

strømmende grundvand er præget af andre sporstoffer. Med det formål at sikre en maksimal biodiversitet er der for et antal stoffer fastsat økotoksikologisk betingede kvalitetskriterier som et mål for det maksimale indhold af stoffet, der kan tolereres af vandløbets flora og fauna (Miljøstyrelsen 1994; Miljø- og Energiministeriet 1996)).

Endelig er der i forbindelse med oprydning af forurenede lokaliteter fastsat kvalitetskriterier for grundvand for en række uorganiske sporstoffer (Miljøstyrelsen, 1998). Kvalitetskriterier for grundvand er fastsat således, at grænseværdierne for drikkevand (Miljø- og Energiministeriet 2001) kan forventes at være opfyldt, når vandet tappes hos forbrugeren. Se tabel 3.1.

Uorganiske sporstoffer	Grundvandskvalitetskriterier (MST 1998) µg/l	Grænseværdi for drikkevand <sup>1)</sup> (MEM 2001) µg/l	Udledningskriterier (MEM 1996) µg/l	Økotoksikologisk grænseværdi (MST 1994) µg/l
Aluminium	-	100	-	2,6 <sup>3)</sup>
Antimon	-	2	-	-
Arsen	8	5	4	4
Barium	-	700	-	-
Bly	1	5	3,2 <sup>2)</sup>	-
Bor	300	1.000 / 300 <sup>4)</sup>	-	-
Cadmium	0,5	2	5	1
Chrom, total	25	20	10 <sup>2)</sup>	-
Chrom VI	1	-	-	-
Cyanid, total	50	50	-	-
Kobber	100	100	12 <sup>2)</sup>	-
Kviksølv	-	1 / 0,1 <sup>4)</sup>	1	1
Molybdæn	20	-	-	-
Nikkel	10	20	160 <sup>2)</sup>	-
Zink	100	100	110 <sup>2)</sup>	-
Selen	-	10	-	-
Sølv	-	10	-	-
Tin	-	10	-	-

1) Ved indgang til ejendom

2) Forslag til kvalitetskrav hvor datagrundlaget ikke er endeligt kvalitetsvurderet

3) Hultberg, H., 1988.

4) Krav / Anbefaling

Tabel 3.1 Grundvandskvalitetskriterier og grænseværdier for uorganiske sporstoffer.

Selv om grundvandets kemiske sammensætning kan ændres henholdsvis ved vandbehandlingen i vandværket og under transporten og opholdet i vandrørene eller ved grundvandets passage gennem vandløbets bundsedimenter, er det formålstjenligt at relatere grundvandets indhold af uorganiske sporstoffer til disse ovennævnte kvalitetsangivelser, også kaldet grænseværdier.

## Måleprogrammer

### Grundvandsovervågning

Ved udgangen af 2001 var der 993 aktive indtag, som var egnede til prøvetagning og analyse for uorganiske sporstoffer. I perioden 1993 til 2001 er et flertal af disse indtag analyseret fem til syv gange for over halvdelen af stofferne. Der begynder således at være etableret egentlige tidsserier for en række af de uorganiske sporstoffer. Hovedtal for de uorganiske sporstoffer, som indgår i grundvandsovervågningen og i Jupiter databasen hos GEUS, fremgår af bilag 3.1.

Der er fundet ét eller flere uorganiske sporstoffer i alle overvågningsindtag egnet til sporstof-analyser, og der er fundet koncentrationer, der overskrider grænseværdien for drikkevand (Miljø- og Energiministeriet 2001) for ét eller flere uorganiske sporstoffer i 355 indtag svarende til 36 % af overvågningsprogrammets samlede antal egnede indtag.

Da de uorganiske sporstoffer, med undtagelse af cyanid, forekommer naturligt i grundvandet og dermed i princippet er tilstede i alle prøver, er genfindingsprocenten et udtryk for, hvorvidt det med de fastsatte (og analytisk gennemførlige) detektionsgrænser er muligt positivt at be- stemme indholdet af stofferne i grundvandet.

#### *Landovervågningens grundvandsindtag*

I landovervågningsoplandene er der etableret grundvandsindtag af samme type som anvendes i grundvandsovervågningsprogrammet (montejus), men på grund af den terrænnære position kan de være tørlagte under lav grundvandsstand. Grundvandet herfra er analyseret for de uorganiske sporstoffer, som formodes at kunne tilføres det nydannede grundvand fra over- fladen, nemlig aluminium, arsen, barium, bly, cadmium, chrom, nikkel, kobber, selen og zink.

Detektionsgrænserne er de samme som for grundvandsovervågningen. Alle stoffer er fundet, selen dog kun i et mindre antal indtag. Analyserne stammer overvejende fra de dybeste indtag i landovervågningsoplandene, dvs. 5 meter under terræn, med undtagelse af analyserne fra Sønderjyllands Amt der stammer fra indtag i 2,2 meters dybde.

For 2001 er der kun indberettet 13 analyser for uorganiske sporstoffer fra landovervågnings- programmets grundvandsdel fordelt med 5 analyser fra Nordjyllands Amt og 8 analyser fra Sønderjyllands Amt.

Status for grundvandets indhold af uorganiske sporstoffer i landovervågningsprogrammets grundvandsdel fremgår af bilag 3.2. I tabel 3.2 er de markante forskelle mellem de forskellige landovervågningsområder fremhævet.

Landovervågning	Storstrøm µg/l	Fyn µg/l	Sønderjylland µg/l	Vejle µg/l	Nordjylland µg/l
Arsen	0,5	0,3	0,1	0,3	0,3
Bly	0,4	0,2	0,7	0,9	0,4
Cadmium	0,02	0,01	<b>0,75</b>	0,13	0,11
Selen	0,2	0,5	0,2	0,3	0,1
Nikkel	1,9	0,8	<b>61</b>	<b>22</b>	<b>6</b>
Zink	3,2	4,2	<b>110</b>	<b>73</b>	<b>28</b>
Kobber	1,0	0,4	<b>3,9</b>	<b>2,9</b>	<b>3,1</b>
Chrom	0,12	0,15	0,3	0,1	<b>0,6</b>
Aluminium	1,6	7,0	<b>350</b>	0,9	<b>60</b>

*Tabel 3.2 Uorganiske sporstoffer (medianværdier) i landovervågnings grundvandsborin- ger 1998-2001. Analyser under detektionsgrænsen er medregnet med dennes værdi.*

Samlet leder resultaterne til den antagelse, at uorganiske sporstoffer i større mængder kan ud- vaskes fra rodzonen og eventuelt tilbageholdes i den øverste del af den mættede zone - når der sammenlignes med terrænnære indtag i grundvandsovervågningen. Bilag 3.2 angiver generelle hovedtal for belastningen af det allerøverste grundvand i landovervågningsoplandene med uorganiske sporstoffer, men der ses som illustreret i tabel 3.3 store forskelle landovervåg- ningsoplandene imellem.

### *Vandværksboringer*

Udover analyserne i de ca. 90 vandindvindingsboringer, der indgår i grundvandsovervågningen (volumenmoniterende boringer), er der med indberetningerne for året 2001 i alt indkommet analyseresultater for uorganiske sporstoffer fra 6064 boringer, der var underlagt tilsyn jf. Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 515 (Miljøministeriet 1988) henholdsvis bekendtgørelse nr. 871 (Miljø- og Energiministeriet 2001). Langt de fleste analysesæt omfatter kun nikkel, som sammen med aluminium var obligatorisk jf. bekendtgørelse nr. 515 – aluminium dog kun ved pH-værdier under 6,. Ifølge den nye bekendtgørelse nr. 871 (Miljø- og Energiministeriet 2001) er det fra 1. januar 2002 for så vidt angår uorganiske sporstoffer endvidere obligatorisk at udføre boringskontrol for arsen, barium og bor. Hyppigheden afhænger af den distribuerede eller producerede vandmængde.

Der er fundet uorganiske sporstoffer i 3.138 boringer. Procentuelt udgør boringer med fund ca. 52 % af de undersøgte boringer. I de øvrige boringer er analyseresultaterne 'under detektionsgrænsen'. Af bilag 3.2 fremgår hovedtal for de uorganiske sporstoffer som er indberettet til GEUS's database Jupiter.

Det skal fremhæves, at boringskontrol - i modsætning til grundvandsovervågningen der gennemføres i et fast net af boringer - over tid vil blive udført i et skiftende antal boringer, idet vandforsyningsboringer af forskellige årsager, så som tekniske problemer, forureninger m.v., udgår af vandindvindingen, som typisk flyttes til andre nyere eller uforurenede boringer.

Der anvendes generelt højere og forskellige detektionsgrænser i vandværkernes boringskontrol sammenlignet med land- og grundvandsovervågningen. Ofte anvendes en detektionsgrænse som er lig med eller det halve af den højst tilladelige værdi for drikkevand. For at få en pålidelig bedømmelse af om grænseværdien er overtrådt, bør der anvendes en detektionsgrænse på en tiendedel af grænseværdien for drikkevand.

Der er fundet overskridelser af grænseværdien for drikkevand (Miljø- og Energiministeriet 2001) i 403 boringer. Langt de største antal overskridelser vedrører nikkel og arsen. Procentuelt udgør overskridelserne knapt 7% af de undersøgte boringer.

## **Grundvandets tilstand**

### *Overskridelser af grænseværdier for drikkevand*

Miljø- og Energiministeriets bekendtgørelse nr. 871 af 21. september 2001 indeholder bestemmelser, der gennemfører dele af drikkevandsdirektivet (EU 1998). I bekendtgørelsen fastsættes der to grænseværdier for vand fra vandforsyningsanlæg, som forsyner mennesker med vand til husholdningsbrug, henholdsvis en værdi ved indgang til ejendom og en værdi ved forbrugers taphane. For en række tungmetaller og uorganiske sporstoffer er den nye værdi ved indgang til ejendom lavere end den førhen gældende grænseværdi.

Den endelige grænseværdi for nikkel ved indgang til ejendom henholdsvis ved forbrugers taphane er endnu ikke fastsat, hvorfor den førhen gældende værdi på 20 µg/l ved fraløb fra pumpe eller vandværk fortsat finder anvendelse både ved afgang fra vandværk og ved forbrugers taphane.

Det kan konstateres (tabel 3.3), at der samlet set forekommer overskridelse af grænseværdierne for drikkevand for alle undersøgte uorganiske sporstoffer med undtagelse af tin og sølv i et eller flere af de eksisterende måleprogrammer. Blandt måleprogrammerne skiller landovervågningens grundvand sig klart ud som det mest belastede. Dette grundvand befinder sig terrænnært i områder med intensiv landbrugsdrift. Der ses procentuelle overskridelser i størrel-

sesordenen fra 6 % for cadmium til 51 % for nikkel. Grundvandsovervågningen giver et mere dækkende billede af den generelle tilstand i dansk grundvand. Her ses der overskridelser for de fleste stoffer, dog ikke for tin, sølv, chrom og cyanid. For de fleste stoffer er de procentuelle overskridelser beskedne, men aluminium, arsen og nikkel skiller sig ud som de mest belastende. I boringskontrollen ses der betydelige procentuelle overskridelser for aluminium og arsen, mens nikkel, zink og bor kun viser mere beskedne procentuelle overskridelser. Dette er en følge af, at vandværksboringer, hvis grundvandskvalitet ikke overholder grænseværdierne, i stadig større omfang må lukkes, da det bliver stadig mere svært at finde ubelastet grundvand til at fortynde det belastede grundvand med.

Uorganiske sporstoffer	GRUMO		LOOP		Boringskontrol		
	Grænseværdi	Mindst en analyse over	Alle analyser over	Mindst en analyse over	Alle analyser over	Mindst en analyse over	Alle analyser over
	µg/l	%	%	%	%	%	%
Aluminium	100	15	3	43	14	12	2
Antimon	2	<1	<1	i.m.	i.m.	0	0
Arsen	5	16	6	14	0	19	2
Barium	700	<1	0	i.m.	i.m.	0	0
Bly	5	1	<1	34	3	2	0
Bor	1.000/300 <sup>1)</sup>	<1/3 <sup>2)</sup>	<1/1 <sup>2)</sup>	i.m.	i.m.	4	0
Cadmium	2	<1	<1	6	3	0	0
Chrom, total	20	0	0	0	0	1	0
Cyanid, total	50	<1	0	i.m.	i.m.	0	0
Kobber	100	<1	0	0	0	0	0
Kviksølv	1/0,1 <sup>1)</sup>	0/2 <sup>2)</sup>	0/<1 <sup>2)</sup>	i.m.	i.m.	2	0
Molybdæn	20	<1	0	i.m.	i.m.	0	0
Nikkel	20	6	2	51	29	4	2
Selen	10	<1	0	0	0	0	0
Sølv	10	0	0	i.m.	i.m.	0	0
Tin	10	0	0	i.m.	i.m.	0	0
Zink	100	6	1	49	17	5	0

1) Drikkevandskvalitetskrav / anbefalet indhold

2) Overskridelse af hhv. drikkevandskvalitetskrav / anbefalet indhold

i.m. : ikke målt

Tabel 3.3 Overskridelse af grænseværdier for drikkevand i forskellige måleprogrammer for perioden 1993-2001 (LOOP dog kun 1998-2001). Procentuel overskridelse af drikkevandskvalitetskravene i forhold til analyserede indtag. For antal overskridelser se bilag 3.4

#### Overskridelser af økotoxikologisk betingede kvalitetskrav

Sammenlignes grundvandets tilstand med de kvalitetskrav, som er fastsat som maksimumindhold for vand, som tilføres vandløb, søer eller havet ses, et tilsvarende mønster, men mere markant, da udlederkravene, der grundlæggende er baseret på økotoxikologiske undersøgelser, generelt er koncentrationsmæssigt lavere end grænseværdierne for drikkevand (se tabel 3.1). Det forekommer bekymrende – ikke mindst set i lyset af de kommende krav i Vandrammedirektivet om kvaliteten af det grundvand, der tilstrømmer overfladevandet – at de økotoxikologiske grænseværdier overskrides i op til 71 % af de undersøgte indtag i landovervågningsoplandene. Det må nemlig antages, at det terrænnære grundvand i disse områder bliver tilført de vandløb som gennemstrømmer områderne. Der findes ingen undersøgelser af de uorganiske sporstoffers indvirkning på flora og fauna i disse vandløb. Dette forudsætter en nøjere undersøgelse af sporstoffers skæbne fra rodzone til vandløb. Også grundvandsovervågnings-

programmet og boringskontrollen viser markante overskridelser af de økotoxikologiske grænseværdier for især aluminium og arsen og i mindre grad for zink.

## Enkeltstoffer

### *Arsen*

Arsen er giftigt og kræftfremkaldende, og der er international erkendelse af arsens sundhedsskadelige egenskaber. Således er grænseværdien for drikkevand sænket fra 50 µg/l til 5 µg/l med den nye drikkevandsbekendtgørelse. Samtidig er stoffet gjort obligatorisk i boringskontrollen, hvilket fremover vil resultere i et stigende antal analyser.

Indholdet af arsen i grundvandet bestemmes blandt andet af redoxforholdene, idet arsenindholdet under reducerende betingelser er ca. 10 gang højere end under iltholdige betingelser. I Storstrøms Amt er især overvågningsområdet "Holeby" belastet af høje arsenkoncentrationer. Ud over geologisk oprindelse påpeger amtet muligheden for arsenforurening fra handelsgødning (forfat), arsenholdige pesticider, afbrænding af kul, spredning af slagge (og flyveaske) som jordforbedringsmiddel og udbringning af slam fra produktion af genbrugspapir.

En anden mulig kilde til arsenforurening er især træimprægneringsvirksomheder. I tilknytning hertil kan det bemærkes, at fortids lokale kulfyrede industrier som fx papirfabrikker, sukkerfabrikker og mange andre kan være en undervurderet kilde til grundvandsforurening.

Overordnet ser det dog ud til, at hovedparten af overskridelserne af grænseværdien for drikkevand på 5 µg/l kan betragtes som geologisk/geokemisk betingede i øvrigt i lighed med høje fosfatindhold, idet arsen og fosfor geokemisk som væsentligt fællestræk har afhængigheden af redoxforholdene.

Til karakterisering af fordelingen af indhold over 5 µg/l på landsplan kan anføres at:

- der forekommer indtag med overskridelser i alle amter varierende fra 2 i Frederiksborg amt til 31 i Fyns amt. Det gennemsnitlige antal er 10.
- der forekommer indtag med overskridelser i 45 ud af 67 overvågningsområder, svarende til 67%
- indtag med overskridelser forekommer dybdemæssigt fra 1,5 meter under terræn til 129 meter under terræn
- ud af 156 indtag med overskridelse forekommer de 145 i den reducerende zone, 4 i den anoxiske zone og 7 i den oxiske zone. Procentuelt svarer det til henholdsvis 93%, 2% og 5%
- ud af 140 indtag med overskridelse forekommer de 103 i grundvandsmagasiner med arte-siske trykforhold og 37 i grundvandsmagasiner med frit grundvandspejl svarende til en procentuel fordeling på henholdsvis 74% og 26 %
- ud af 156 indtag med overskridelse forekommer de 14 i volumenmoniterende indtag (vandindvindingsindtag), 95 i liniemoniterende indtag (indtag med overvejende subhorisontal grundvandsstrømning) og 47 i punktmoniterende indtag ( indtag med over-vejende vertikal grundvandsstrømning)
- ud af 156 indtag med overskridelse findes de 43 (eller 28%) i primære grundvandsmagasiner, hvor fra der typisk hentes vand til store almene vandforsyninger, 58 (eller 37 %) i sekundære grundvandsmagasiner, hvor fra der typisk hentes vand til såvel store som

små vandværker og 55 (eller 35 %) i terrænnære, lokale grundvandsmagasiner, der ofte er anført med korte borer til små lokale vandforsyninger og enkelthusstande.

Uorganiske sporstoffer	GRUMO		LOOP		Boringskontrol		
	Kvalitets- krav	En analyse over	Alle analyser over	En analyse over	Alle analyser over	En analyse over	Alle analyser over
	µg/l	%	%	%	%	%	%
Aluminium	2,6 <sup>1)</sup>	72	19	71	17	44	14
Antimon	-	-	-	-	-	-	-
Arsen	4	19	8	17	0	23	2
Barium	-	-	-	-	-	-	-
Bly	3,2 <sup>2)</sup>	3	< 1	37	0	3	< 1
Bor	-	-	-	-	-	-	-
Cadmium	5/1 <sup>3)</sup>	< 1/2 <sup>4)</sup>	< 1/< 1 <sup>4)</sup>	6/9 <sup>4)</sup>	3	< 1	0
Chrom, total	10 <sup>2)</sup>	< 1	0	0	0	2	0
Cyanid, total	-	-	-	-	-	-	-
Kobber	12 <sup>2)</sup>	3	< 1	31	0	1	0
Kviksølv	1,0	0	0	-	-	2	0
Molybdæn	-	-	-	-	-	-	-
Nikkel	160 <sup>2)</sup>	< 1	< 1	14	0	< 1	0
Selen	-	-	-	-	-	-	-
Sølv	-	-	-	-	-	-	-
Tin	-	-	-	-	-	-	-
Zink	110 <sup>2)</sup>	6	1	46	3	5	0

1) Hultberg, H., 1988.

2) Forslag til kvalitetskrav, hvor datagrundlaget ikke er endeligt kvalitetsvurderet

3) Udledningskriterie / Økotoksikologisk grænseværdi

4) Overskridelse af hhv. udledningskriterie / økotoksikologisk grænseværdi

Tabel 3.4 Overskridelse af økotoksikologisk betingede kvalitetskrav (se tabel 3.1) i forskellige måleprogrammer. Procentuel overskridelse i forhold til analyserede indtag. For antal overskridelser se bilag 3.5

### Nikkel

Nikkelbelastningen antages primært at hidrøre fra iltning af sulfidminerale (f.eks. bravoit og pyrit) enten i forbindelse med sænkning af grundvandsspejlet i vandindvindingsoplandene eller ved udskiftning af luften i den umættede zone under tætte lerlag via åbne borer, den såkaldte barometerånding (Jensen et al., 2002). En eventuel senere retablering af grundvandsspejlet kan yderligere øge frigivelsen af nikkel til grundvandet i en periode.

Københavns Amt kan konstatere, at der tilsyneladende er en fortsat stigende tendens til overskridelse af grænseværdien for drikkevand, idet der er fundet overskridelse i 23% af indvindingsboringerne i år mod 16 til 19 % de foregående år. Vestsjællands Amt bemærker, at kun halvdelen af indvindingsboringerne er undersøgt for nikkel i perioden 1989 til 2001. Storstrøms Amt har påvist sammenhæng mellem nikkelindhold og nitratindhold svarende til iltning af pyrit med nitrat. Amtet påpeger, at selv om nitrat er et mindre effektivt iltningmiddel end ilt, er der ofte en tykkere nitratzone. Derudover ses en svagt stigende antal borer med forhøjet nikkelindhold i det vestlige Jylland på grund af øget indvinding i visse områder og dermed iltning af tertiære pyritindholdige sedimentter.

## **Zink**

Der er i dag ikke nogen kendt årsag til forekomsten af høje zinkkoncentrationer, idet frigivelsen af zink til grundvandet kan skyldes naturlige årsager, men også forurening fra f.eks. galvaniserede materialer. Resultaterne fra overvågningsprogrammet viser, at zinkindholdet i de enkelte borer er kraftigt fluktuerende. Det kan ikke udelukkes, at visse prøver er blevet forurenede under prøvetagning, f.eks. fra taphane på vandværket eller på laboratoriet.

## **Aluminium**

Grænseværdien for drikkevand overskrides især vest for isens hovedopholdslinie og tilskrives den generelt lavere pH i disse områder. I overvågningsområdet Brande har Ringkjøbing Amt påvist en sammenhæng mellem sulfatindhold og aluminiumindhold svarende til stigende aluminiumindhold som følge af forsuring fra pyritoxidation. På den nordvestlige del af Fyn og i Vejle Amt i områder, som har været påvirket af den sidste nedisning af Danmark, forekommer der også et større antal overskridelser.

## **Cadmium**

I overvågningsområdet Ejstrupholm i Vejle Amt indeholder et enkelt indtag høje koncentrationer af zink, nikkel, aluminium og cadmium. Cadmiumindholdet er steget fra 6,7 µg/l i 1995 til 9,7 µg/l i 2001.

## **Sammenfatning om uorganiske sporstoffer**

Uorganiske sporstoffer er naturligt forekommende i dansk grundvand. I grundvand med lav pH kan der forekomme særskilt høje indhold, eksempelvis af aluminium. I iltfrit grundvand kan der forekomme særskilt høje indhold af arsen. Men forekomster af uorganiske sporstoffer nær grænseværdierne for drikkevand kan også skyldes samfundsmæssige aktiviteter, enten i form af forurening, vandspejlsænkning eller anden påvirkning.

Generelt kan høje indhold i grundvandet påvirke kilder og vandløb gennem tilstrømning af terrænnært grundvand og søer gennem opstrømmende grundvand gennem søbunden. Især høje indhold i det allerøverste grundvand i landovervågningsoplandene fortjener opmærksomhed, da de må antages ofte at kunne repræsentere en nettotilførsel til vandmiljøet. Dette kan have væsentlig betydning set i lyset af de kommende krav i Vandrammedirektivet, og der er antagelig et vidensbehov på dette område, idet spredning af uorganiske sporstoffer i vandmiljøet er dårligt belyst.

Høje indhold af uorganiske sporstoffer i boringskontrollen kan medføre, at den del af grundvandsressourcen, der anvendes til drikkevand til mennesker, husdyr og til levnedsmiddelfremstilling, reduceres.

Spildevand, der udledes direkte eller gennem nedsivningsanlæg efter kortere eller længere opholdstid i grundvandet, kan påvirke vandmiljøet i negativ retning.

Grænseværdien for drikkevand overskrides oftest for arsen, nikkel, zink og aluminium.

Der ses en stigning i antallet af vandværksboringer med et nikkelindhold, hvor grænseværdien for drikkevand er overskredet i samtlige analyser. Det problem, som forhøjede nikkelindhold udgør for vandværkerne, ser derfor ud til at være voksende.

Med den nye drikkevandsbekendtgørelse er der kommet en lavere grænseværdi for arsen. Denne nye værdi vil antageligvis visse steder sætte en ny nedre grænse for, hvor dybt der kan indvindes grundvand til drikkevand – en grænse, der kommer til at ligge højere end den i dag

oftest sete begrænsning i form af forhøjet saltindhold. Hvor store dele af landet der berøres vil den obligatoriske måling af arsen i vandværkers indvindingsboringer vise i løbet af den første 5-årige turnus.

Grundvand med et indhold af uorganiske sporstoffer over grænseværdien for drikkevand kan altså ikke umiddelbart anvendes til drikkevand, f.eks. i forbindelse med enkeltforsyning og små fælles vandforsyninger uden vandbehandling. I større vandværker med vandbehandling må det antages, at de uorganiske sporstoffer i nogen grad tilbageholdes i okkerslammet i vandværkernes sandfiltre (Miljøstyrelsen, 1999). Således fjernes gennemsnitligt op mod halvdelen af grundvandets arsenindhold. Modsat kan der konstateres et ikke uvæsentligt bidrag til drikkevandets indhold af bly, cadmium, chrom, kobber, nikkel og zink fra pumper, beholdere, prøvehaner m.v.

