

# Det arktiske dilemma

*Uden tradition ingen kultur.  
Derfor kan man sige, at hver livskraftig kultur,  
ligesom Ænæas bærer sin far på ryggen.  
V.A. Koskenniemi*

Et folks kostvaner er en uadskillelig del af dets kultur. Følgelig er enhver kostændring ensbetydende med forskydninger i kulturmønsteret. Da kultur er dynamisk og derfor i stadig forandring, sker der også en gradvis ændring af, hvad man spiser.

Langsomme forandringer sker i alle kulturkredse, men en pludselig og dramatisk ændring af den daglige kost som følge af påvirkninger udefra, er en alvorlig trussel mod et folks kulturelle integritet. I Grønland er der, som i alle andre lande, foregået en naturlig udvikling af kostmønsteret.

Før dette århundrede var de eneste tilgængelige fødevarer hvad der kunne hentes lokalt, d.v.s. primært i havet. Det blev påvist ved undersøgelser af stabile isotoper af kulstof i Qilakitsoq mumierne<sup>1</sup>. Peder Helms<sup>2</sup> har i sine undersøgelser af ernæringsstatus i Angmagssalik, påvist at indtil begyndelsen af dette århundrede var den eneste kost for grønlænderne dét naturen kunne forsyne dem med.

Da kontakten med omverdenen (Danmark) blev etableret var det naturligt, at der blev importeret forbrugsgoder herunder levnedsmidler. Denne import betød, at man ikke længere var afhængig af lokalfangst, og på længere sigt, at der blev skabt grundlag for en befolkningstilvækst. I ca. 1925 blev, hvad Peder Helms har kaldt, det økologiske klimaks overskredet i form af befolkningstilvækst (se figur 1). Befolkningstallet har siden været stigende og dermed er man i tilsvarende grad blevet afhængig af fødevarerimport. Den procentuelle andel af den lokale eller traditionelle kost har derfor været dalende. Den seneste undersøgelse viser, at i 1988 bidrog traditionel kost kun med ca. 25% af det daglige indtag af næringsstoffer i Thule (Helms, unpubl. data), hvor man vil forvente det mest traditionelle livsmønster. Det vil sige, at andelen i dag er betydeligt mindre i de sydvestlige distrikter.

<sup>1</sup> Hansen, J.C., Toribara, T.Y. og Muhs, A.G. 1989. Trace Metals in Human and Animal Hair from the 15<sup>th</sup> Century Gasesat Qilakitsoq Compared with Recent Samples. Meddr. Grønland, Man & Soc. 12:161-167.

<sup>2</sup> Se reference i tekst til figur 1.

En landsdækkende fremstilling af befolkningstilvækst og andel af grønlandsk kost ses i figur 2, baseret på data fra Helms 1997<sup>3</sup>. Det skal bemærkes at antal personkvivalenter af grønlandsk føde, hvilket er det antal mennesker, der vil kunne ernæres af fangst, kun er steget ubetydeligt i løbet af de sidste 100 år og ligger omkring 10.000, hvilket kan betegnes som det økologisk maksimale indbyggertal.

At grønlandsk kost kvantitativt betyder mindre i dag end tidligere er en naturlig udvikling, der ikke skal modvirkes. Grønland kan, med den nuværende befolkningsstørrelse, ikke "kødføde" sig selv, men er blevet afhængig af samhandel med andre nationer og er blevet et selvstændigt medlem af det globale samfund.

Samtidig med at Grønland er brudt ud fra sin isolation, er der i verden sket en teknologisk udvikling og industrialisering, der som en negativ sideeffekt har medført en global forurening. Dette faktum er kommet til alment kendskab i løbet af de seneste årtier gennem en stor pressebevågenhed.

Den første der gjorde opmærksom på forureningsproblemerne og deres konsekvenser var den amerikanske zoolog Rachel Carson, der i 1962 udgav sin berømte bog "Silent Spring" på dansk "Det tavse forår"<sup>4</sup>, hvor hun fokuserer på de økologiske konsekvenser af efterkrigstidens ofte uhæmmede brug af bekæmpelsesmidler.

De arktiske områder har længe været betragtet som uberørte naturområder udenfor rækkevidde af industrilandenenes forureninger. I dag ved vi, som senest dokumenteret i de nylig publicerede AMAP (Arctic Monitoring and Assessment Programme) rapporter<sup>5, 6</sup>, at dette ikke er sandt, men at verdens forureningsproblemer er globale og inkluderer Arktis. Dels sker der spredninger fra industriområder via atmosfære med nedfald over Arktis, dels sker der spredning gennem havstrømme. Yderligere vil der i det marine miljø foregå en opkoncentrering af disse svært nedbrydelige forureningsstoffer i fødekæderne.

Dette betyder, at arktiske folk, samtidig med at de har fået del i de materielle goder, som teknologien frembringer, også har fået del i prisen herfor i form af påvirkninger med affaldsstoffer. I flere tilfælde paradoksal nok til en højere prisendbefolkningerne i de lande, der producerer forureninger. Det skyldes de opkoncentreringer,

<sup>3</sup> Helms, P. 1997: *A Brief history of nutritional research in Greenland in: Foodtables for Greenland. Thorling E.B. og Hansen J.C. (eds) Inussuk. Arctic Research Journal 4. Pg 9-15.*

<sup>4</sup> Rachel Carson: *Det tavse forår*, Gyldendal 1963

<sup>5</sup> *Arctic Pollution Issues: A state of the Arctic Environment Report. AMAP. Arctic Monitoring and Assessment Programme, Oslo 1997.*

<sup>6</sup> *AMAP 1998. AMAP Assessment Report: Arctic Pollution Issues. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP) Oslo, Norway XII + 859pp.*

der sker i de marine fødekæder og den atmosfæriske transport hvorved den grønlandske traditionelle kost har fået et islæt af den moderne teknologi. Det er sket gradvist, men det er først i løbet af de seneste år, at det er blevet dokumenteret, og at de mulige konsekvenser for menneskers sundhed er blevet inddraget i debatten.

Den traditionelle kosts betydning for grønlændernes fysiske- og åndelige velbefindende og kulturelle sammenhold er ofte blevet understreget. En mistænkeliggørelse af den nedarvede levevis gennem oplysninger om at maden indeholder giftstoffer, der kan skade fosterudviklingen, evnen til at få børn og øge hyppigheden af visse sygdomme, kan derfor få de alvorligste konsekvenser, hvis de mistolkes i en retning, der får folk til at ændre kostvaner væk fra de traditionelle mod den industrialiserede verdens fast-food. Dette skisma mellem sundt og skadeligt i kosten kan betegnes som: Det Arktiske Dilemma!

Denne bogs sigte er at give en baggrund for forståelse af de vigtigste forureningsstoffers kilder, spredning, forekomst i fangst dyr og menneskers belastning med dem, samt at gøre status over hvad vi i dag ved om mulige langtidseffekter og at afveje disse mulige effekter mod grønlandsk kosts gavnlige virkninger på sundhedstilstande i befolkningen. Dette gøres med henblik på, at denne basisviden forhåbentlig kan give personalet i Grønlands sundhedsvæsen hjælp til at yde en kvalificeret vejledning i kostvalg indenfor rammerne af den normale grønlandske kost, således at risici minimeres, samtidig med at kostens sundhedsbefordrende og sociale aspekter bevares.

# Miljømedicin - miljøtoksikologi

*Afgørende årsag er ikke nogen enkelt ting,  
derimod samspillet mellem de vilkår hvorunder  
enhver begivenhed - enhver organisk og  
elementær begivenhed fuldbyrdes.  
Leo Tolstoy*

Miljømedicin beskæftiger sig med at vurdere sundhedsmæssige konsekvenser af miljøpåvirkning. Tidligere beskæftigede man sig fortrinsvis med påvirkninger af mikroorganismer i levnedsmidler og drikkevand, samt spredning af smitte gennem affald, den klassiske hygiejne. Nu er de største problemer den kemiske forurening og disciplinen miljøtoksikologi er blevet det vigtigste element i miljømedicinen. Problemerne består i at identificere kontaminanter og relatere dem til sygelighed i en befolkning med henblik på at etablere eventuelle årsagssammenhænge, samt at foretage vurdering af med hvilken sandsynlighed en given belastning leder til øget sygelighed (risikovurdering).

Baseret på denne viden kan der administrativt fastsættes grænseværdier, der er et redskab, hvormed man kan regulere produktion, anvendelse og spredning af kemiske stoffer og herved begrænse den humane belastning. Det må understreges, at grænseværdier er et administrativt redskab, til at regulere den måde vi omgås kemiske stoffer på, men ikke en grænse for hvornår forgiftningssymptomer forekommer. Som det senere beskrives, er der i grænseværdien indbygget sikkerhedsfaktorer, således at moderate overskridelser ikke er ensbetydende med, at der udvikles forgiftningssymptomer.

## Miljøtoksikologi

De væsentligste kilder til viden om toksiske effekter af fremmedstoffer er laboratorieforsøg på dyr og erfaringer fra situationer hvor mennesker har været forgiftede. Dette er den klassiske toksikologis grundlag. At slutte herfra til miljømæssig belastning er imidlertid forbundet med store problemer. Forskellen mellem klassisk (klinisk) toksikologi og miljøtoksikologi er vist i tabel 1.

**Tabel 1.**  
**Sammenligning mellem klinisk toksikologi og miljøtoksologi.**

	<b>Klinisk toksikologi</b>	<b>Miljøtoksologi</b>
<b>Antal stoffer</b>	1 eller få	Mange
<b>Belastningstid</b>	Kort eller begrænset	Ofte livslang
<b>Dosis</b>	Høj	Lav

Den væsentligste forskel, der vanskeliggør miljøtoksikologiske bedømmelser ligger i flerheden af påvirkende stoffer, idet disse indbyrdes kan påvirke hinandens reaktioner. To stoffers reaktion kan således enten være rent additivt, således at fælleseffekten vil være summen af enkelt stoffernes virkning, eller at fælleseffekten er større end summen af enkelt stoffets effekter (potentierende effekt), og endelig kan sluteffekten være mindre end summen af de enkelte stoffers effekt (antagonistisk effekt). Da mennesker er belastede med hundredvis eller endog tusindvis af forskellige kemikalier fra miljøet, er det på nuværende tidspunkt umuligt at bedømme de enkelte stoffers mulige effekter med mindre, der består en ekstrem belastningssituation.

De hypoteser, der er fremsat om årsagssammenhænge er baserede på eksperimentelle dyremodeller og erfaringer fra arbejdsmiljøet, hvor der kan være et relativt højt belastningsniveau, samt fra masseforgiftningsepisoder.

Traditionelle epidemiologiske undersøgelser mangler ofte at redegøre for årsagssammenhænge og er som regel ikke anvendelige i små arktiske befolkningsgrupper. Muligheder for at komme videre i erkendelse af miljøpåvirknings betydning ligger i molekylærbiologiske teknikker, hvor stofblandinger, som er aktuelt forekommende, kan testes på cellekulturer i påvisning af effektmarkører blandt eksponerede og ikke-eksponerede grupper samt i genetisk identifikation af særlig følsomme individer eller grupper.

### **Årsagsbegrebet**

Den vestlige verdens medicin er forankret i en tradition, hvor lægen er individ (patient) orienteret med den opgave at helbrede. Denne tradition står i modsætning til den miljøorienterede medicin, idet miljømedicin, eller som den hed tidligere hygiejne, er populationsorienteret, og formålet er at forebygge.

I den klassiske medicin er der en tilbøjelighed til at søge én specifik årsag til en specifik sygdom (monocausal sammenhæng), men i virkeligheden er det næsten uden undtagelse sådan, at sygdom opstår som et samspil mellem forskellige fakto-

rer (multicausal sammenhæng). Allerede Gallilei (1564-1642) spekulerede over årsagssammenhænge og tillagde årsagsfaktor to karakteristika: Nødvendig og Tilstrækkelig. Denne kombination giver fire kombinationsmuligheder, som angivet i tabel 2.

**Tabel 2.**  
**Kombinationer af årsagskarakteristika**

	<b>Nødvendig</b>	<b>Tilstrækkelig</b>
<b>1</b>	+	+
<b>2</b>	+	-
<b>3</b>	-	+
<b>4</b>	-	-

I tilfælde 1, hvor en årsagsfaktor er nødvendig og tilstrækkelighed, har man det klassiske monocausale forhold, som for eksempel en mutation i et specifikt gen i et kønskromosom, der medfører en misdannelse.

Tilfælde 2, hvor årsagsfaktoren er nødvendig, men ikke tilstrækkelig, kan dertænkes på specifikke infektionssygdomme. For eksempel er bakterien *Mycobacterium tuberculosis* nødvendig for at udvikle en tuberkulose, men den er ikke tilstrækkelig idet ikke alle der er bærer af bakterien udvikler sygdommen, da der samtidig skal være resistensnedsættende faktorer tilstede, hvis sygdom skal udvikle sig.

Tilfælde 3 udsiger at forskellige årsagsfaktorer kan udvirke den samme effekt. I tilfælde 4 er situationen, at ingen enkelt årsagsfaktor alene er i stand til at forårsage en specifik effekt, men kun i samspil med én eller flere andre faktorer, der samtidig påvirker organismen.

Til denne gruppe hører hovedparten, hvis ikke alle miljøkontaminanter, og er dermed det grundlag miljøtoksikologien arbejder på. Dette er i overensstemmelse med at ingen enkelt kontaminant er sandsynliggjort som eneste årsagsfaktor til sygdomme. Når der trods dette alligevel ofte hævdes, at der er sammenhænge skyldes det at begrebet sandhed ofte forveksles med begrebet sandsynlighed.

Ifølge den tyske filosof Hans Reichenbach (1891-1953) hviler al vor erkendelse på sandsynlighedsslutninger, idet man ikke ved hjælp af observationer kan fastslå, at en videnskabelig påstand er sand, men kun at den er mere eller mindre sandsynlig.

De vigtigste grundliggende interaktionsfænomener der afgør udfaldet af en given kontaminant belastning ligger i gen - miljøsammenhængen, der kan illustreres som vist i figur 3.

En organismes indre miljø bestemmes af et samspil mellem arvemassen og påvirkninger fra det ydre miljø, såsom næringsstoffer. For eksempel ved visse arvelige defekter tåles visse næringsstoffer ikke (sukker - diabetes), idet de nødvendige enzymer til omsætningen mangler. Analogt hermed kan kontaminanter påvirke det indre miljø ved optagelse fra det ydre miljø, og måden hvorpå de omsættes vil være bestemt af arvemassens karakter.

Da de fleste sygdomme udvikles uden en enkel årsagsfaktor (conf. tabel 2), men som et resultat af et antal faktorer, der hver især hverken er tilstrækkelige eller nødvendige for at fremkalde en sygelig tilstand, kan de ikke betegnes som egentlige årsagsfaktorer. Det vil derfor være mere korrekt at betegne dem som risiko- eller stressfaktorer. Da ordet risiko er defineret og anvendt i den subdisciplin af miljømedicin, der hedder risikovurdering (se afsnit risikobegrebet) vil betegnelsen stressfaktor blive anvendt her for at undgå misforståelser.

Jo flere stressfaktorer der påvirker en organisme samtidigt, jo større er chancen for at der udvikles sygdom, jfr. figur 4, der beskriver den kvalitative sammenhæng mellem chance for at udvikle sygdom og antal af tilstedeværende stressfaktorer.

Figur 4 er baseret på en ren overvejelse over, at antallet af påvirkende stressfaktorer øger sandsynligheden for dysfunktion af organismen. Hertil kommer dog også et kvantitativt aspekt, idet intensiteten af en given stressfaktor også vil påvirke udfaldet (jfr. dosis effekt relationen figur 5).

En enkelt stressfaktor er dermed ikke nødvendigvis specifik for udvikling af en enkelt sygdom, men kan være co-faktor i flere sygelige tilstande. F.eks. rygning en stressfaktor for såvel lungecancer som hjertekarsygdomme. Udfaldet af en given belastning bestemmes af den samlede påvirkning, kvalitativt og kvantitativt.

En stressfaktor kan defineres som: Tilstedeværelse eller fravær af en genetisk eller extern faktor, der inducerer biokemiske ændringer, der betinger udvikling af en sygdom.

En stressindikator kan defineres som: En biokemisk målbar parameter som indikerer om en organisme er eller ikke er påvirket af en eller flere stressfaktor(er).

Forebyggelse, der er miljømedicinens mål, er identifikation og evt. elimination af stressfaktorer, men ikke af stress indikatorer.

Som eksempel er reduktion af rygning elimination af en stressfaktor mens behandling med kolestorolsænkende medicin er eliminering af en stressindikator, der ikke nødvendigvis eliminerer den tilgrundliggende stressfaktor.

### **Effektbegrebet**

Fremmedstoffers virkning eller effekt i levende organismer udgør med stigende doseringsniveau et kontinuum fra ingen påviselige effekter over biokemisk erkendbare effekter, klinisk erkendbare symptomer, klinisk udviklet forgiftning til død. Figur 5, der repræsenterer en såkaldt dosis-effekt kurve.

Da arvemassen varierer fra et individ til et andet vil to mennesker ikke reagere ens på en given kontaminantpåvirkning. Nogle få meget følsomme individer vil reagere på meget små påvirkninger, mens andre resistente først reagerer ved relativt høje påvirkninger. Denne variation i en befolkning kan beskrives som vist i figur 5.

Den optrukne linie angiver det niveau hvor 50% af befolkningen reagerer ved en given effekt. Der er en spredning på denne dosis, idet nogle individer reagerer allerede på et lavere dosisniveau, mens særligt resistente først reagerer ved høje belastninger.

De stiplede linier i figuren angiver hvor henholdsvis 5% og 95% af populationen reagerer. Punkterne B og C angiver det dosisniveau, hvor henholdsvis erkendbare biokemiske og kliniske effekter kan observeres hos 5 af populationen.

Begge grænser vil tendere til at bevæge sig mod A i takt med, at der udvikles mere effektive analysemetoder. Den stigende offentlige bekymring om forureningsproblematikken er dermed ikke kun et spørgsmål om stigende forurening, men måske i højere grad et resultat af, at man med forbedret teknik kan beskrive flere facetter af de biokemiske reaktioner. Hermed øges kvaliteten af risikovurderingen, men den reelle risiko øges ikke.

Tolerable grænseværdier fastsættes som et belastningsniveau, der svarer til et samfundsmæssigt acceptabel respons. I figur 5 er området A → B, hvor ingen påviselige forandringer er tilstede, uden praktisk betydning. Ved belastning udover punktet B, hvor biokemiske forandringer kan påvises i en signifikant fraktion af en befolkningsundersøgelse, i figuren eksempelvis 5%, må fænomenet gøres til genstand for videnskabelige undersøgelser, og der må foretages en risikovurdering. Da risiko er



den statistiske sandsynlighed for, at en given effekt optræder ved en given belastning, har vurderingen, så længe risikoen er lav, kun videnskabelig interesse. Først ved en risiko, der har klinisk signifikans (punkt C) antager problemet en samfundsmæssig karakter, der må medføre sundhedspolitiske overvejelser og foranstaltninger.

Hvis man på dosis-effektkurvens ordinat udvælger en bestemt effekt og ser på, hvordan denne ville fordele sig i en befolkning, kan man optegne en frekvensfordeling som vist i figur 6A ved at akkumulere frekvenserne kan der tegnes en dosisresponskurve, der på samme måde vil være S-formet, som vist i figur 6B, der angiver hvor mange procent af befolkningen, der udviser den valgte effekt i relation til dosis.

Da kurverne i kraft af deres S-formede forløb aldrig når et absolut 0 punkt (dosisaksen er logaritmisk), men nærmer sig asymptotisk til 0 betyder det, at uanset hvor lille et doseringsniveau man har, er der en fraktion af reagerer. Denne kan dog blive så lille, at den er uden praktisk betydning. Hvis f.eks. responset er 1 pr. million er risikoen, at 1 reagerer i en eksponeret population på 50.000 hvert 20 år.

Ser man på dosis-effekt kurven for essentielle stoffer som f. eks. mineraler og vitaminer har kurven et tofaset forløb jfr. Figur 7, hvor en lille tilførsel fører til mangelsygdomme mens en for stor tilførsel giver forgiftninger.

### **Risikobegrebet**

Risiko kan defineres som sandsynligheden for, at en given skade opstår ved en given udsættelse for en risikofaktor. Risikovurdering er brugen af faktisk viden til at definere sundhedseffekter af belastning af individer eller populationer med farlige stoffer og situationer.<sup>7</sup>

I miljøtoksikologien vil det sige at beskrive sammenhængen mellem respons i en befolkning og belastningsniveau med et givet kemisk stof, hvor respons er den procentdel af befolkningen, der reagerer på en given belastning. Da responsen aldrig kan blive 0, teoretisk set, må man administrativt fastlægge en acceptabel responsrate. Hvor en sådan skal ligge afhænger af hvilke effekter, der er tale om. Ved f.eks. en ikke helbredsskadelig reduktion af en enzymaktivitet kan det være accep-

<sup>7</sup> *National Research Council, Committee on Institutional Means for Assessment of Risks to Public Health. Risk Assessment in the Federal Government: managing the process. Washington DC: National Academy Press 1983.*

tabelt, at 1 ud af 100 reagerer (1%). Drejer det sig derimod om cancerteffekt vil acceptniveaueet være betydeligt lavere 1 ud af 1 million eller 0.0001%.

Der eksisterer altså ikke en absolut biologisk grænseværdi under hvilken, der ingen risiko eksisterer, men risikoen for skadeeffekter kan blive så lav, at den ikke længe har nogen praktisk betydning i et samfund.

### **Videnskabelig risikovurdering**

For at være i stand til at vurdere en risiko må den karakteriseres. Denne proces består af en række led (jvf. figur 9). Først en risikoidentifikation, der består i en vurdering af en kemisk forbindelses struktur, hvoraf der kan udledes en fornemmelse af stoffets toksiske potentiale. Dernæst undersøges stoffet i dyreforsøg, og sidst vurderes menneskers belastning ved undersøgelse af stoffets forekomst i levnedsmidler, drikkevand, luft, o.s.v. Ved dyreforsøg fastlægges, hvordan et stof optages, omsættes, deponeres og udskilles i en levende organisme (toksikokinetisk model), samt hvordan stoffet, eller dets omsætningsprodukter influerer på organismens biokemiske processer, hvilke organer eller celledsystemer der primært angribes, hvilke biokemiske processer der foregår, og om skaden er reversibel eller ej (toksikodynamisk model).

Risikokarakteristikken må i de fleste tilfælde baseres på forsøgsdyrsundersøgelser eventuelt suppleret med erfaringer fra humane forgiftningstilfælde. Udover at karakterisere de toksiske reaktioner kan man også i dyreforsøg bestemme det belastningsniveau, som den pågældende dyreart tåler ved livslang belastning uden, at der opstår påviselige effekter. Dette niveau kaldes NOAEL (no observed adverse effect level), der angives som f.eks. mg/kg.

Herfra kan man ekstrapolere til en tolerabel human eksponering ved anvendelse af en sikkerhedsfaktor. Oftest anvendes en faktor 10, der dækker usikkerheden ved slutning fra dyr til mennesker, hertil lægges yderligere en faktor 10, der dækker variationsbredden af følsomhed i en befolkning.

Den for mennesker tolerable daglige indtagelse (TDI) bliver herefter

$$TDI = \frac{NOAEL}{10 \times 10}$$

Hvis for eksempel rotter tåler 100 mg/kg legemsvægt bliver TDI 1 mg/kg.

Med denne viden kan man gå ud i en befolkning og vurdere den aktuelle risiko. Dette kræver en bestemmelse af eksponeringsniveauet. En sådan viden kan opnås ved analyser i menneskers miljø, af fødevarer, drikkevand og luft (miljømonitoring) herfra kan eksponeringsgraden estimeres.

En støtte hertil kan opnås ved at udføre analyser på humane indexmedier, såsom blod, hår og urin (biologisk monitoring), idet der ved konstant daglig indtagelse gennem lang tid vil være et rimeligt konstant forhold mellem den daglige indtagne mængde og koncentrationen i organer og legemsvæsker.

Med viden om belastningsniveauet sat i relation til den beregnede tolerabel indtagelse (TDI) kan det i princippet afgøres, om der er grundlag for indgreb eller ej. Drejer det sig om stoffer, der kan reguleres, som f.eks. tilsætningsstoffer til levnedsmidler er en TDI som oftest tilstrækkelig. For stoffer, der ikke umiddelbart lader sig regulere som methykviksølv eller organiske klorforbindelser, og som allerede er tilstede i miljøet som forureningsstoffer, vil epidemiologiske dosis-responsvurderinger være påkrævet for at kunne foretage en risikovurdering (risk assessment).

Det skal i den forbindelse understreges, at TDI er behæftet med usikkerhed, da de er beregnede ud fra dyreforsøg med anvendelse af empiriske sikkerhedsfaktorer. TDI er som tidligere nævnt kun et administrativt værktøj.

Som en yderligere usikkerhed i risikovurderingen kommer det faktum, at et sikkert estimat af den daglige indtagelse fordrer kendskab til koncentrationen af kontaminanter i alle levnedsmiddeltypen og viden om, hvor meget der aktuelt spises af de enkelte fødevarer, geografiske- og årstidsvariationer i drikkevands- og luftkoncentrationer. Dette er i praksis umuligt at opnå, og hvad angår den biologiske monitoring er det kun for enkelte kontaminanter, at der er beskrevet troværdige sammenhænge mellem indtag og kropskoncentrationer.

Epidemiologiske dosis-responsundersøgelser er også behæftede med usikkerhed på grund af manglende årsagssammenhænge og i arktiske områder også af de små befolkningsstørrelser. Risikovurdering er dermed behæftet med betydelig usikkerhed.

### **Samfundets håndtering af risiko**

Den måde et samfund håndterer risici på (risk management) følger ikke automatisk den videnskabelige risikovurdering. Da denne som nævnt er behæftet med betyde-

lige usikkerheder bliver den ofte modificeret på basis af en række samfundsmæssige forhold og særinteresser (jfr. figur 9).

Først og fremmest spiller økonomien en væsentlig rolle. Forureningsbekæmpelse koster penge og belaster erhvervslivet. Politikere og administratorer vil derfor være tilbøjelig til at anlægge et pragmatisk synspunkt på grænseværdier, der relaterer til erhverv af stor økonomisk eller strategisk betydning for samfundet.

I modsat retning trækker interesseorganisationer som græsrodsbevægelser, der principielt med ædle motiver, stræber mod en protektionistisk lovgivning.

En tredje faktor er borgernes opfattelse af risikobegrebet. Det niveau af risiko, en samfundsborger vil acceptere, er afhængig af en række ting, først og fremmest at der er forståelse af problemet. Generelt vil man være tilbøjelig til at acceptere større risiko, når man forstår, hvad der foregår - f.eks. høj accept af trafikrisikoen, men lav af risiko ved atomkraft, eller kemisk forurening. Ligeledes, hvis der er en klar nytteeffekt, vil der være højere risikoaccept end hvis nytteeffekten er usynlig. Befolkningens holdning er i høj grad præget af nyhedsmedierne, og denne offentlige opinion er en faktor, som politikerne tager hensyn til.

Miljøproblematikken har nyhedsmediernes bevågenhed, og videnskabelige risiko-hypoteser er ofte blevet fremstillet som faktiske sundhedstruede kendsgerninger med det resultat, at der skabes unødigt ængstelse i de berørte befolkningsgrupper.

Håndteringen af risiko i dette grænseområde implicerer helt klart etiske problemer, såvel videnskabsetiske som presseetiske eller med andre ord afvejning mellem åbenhed og ansvarlighed.

Den største forpligtigelse i denne henseende ligger helt klart hos videnskaben, der må modstå fristelsen til at opnå offentlig bevågenhed for personlige aktiviteter og arbejdshypoteser indtil, der er opnået bæredygtig gyldighed af fremsatte teorier, og de dermed er egnede til at forelægges for almenheden. Der må således stadig i vor tid skelnes mellem esoterisk og exoterisk viden, og skellet skal, under ansvar for almenvellet, drages af forskerne.

På et mere overordnet plan er en medvirkende årsag til forståelsesproblemer, at udviklingen indenfor naturvidenskaberne har medført en sådan grad af kompleksitet, at afstanden mellem almen befolkningens og forskernes erkendelsesniveau stadig er øget. Den øgede afstand medfører stigende problemer med at kommunikere

re videnskabelige resultater til de befolkningsgrupper de vedrører. En øget indsats på dette område må prioriteres højt.

Den samlede samfundsmæssige opfattelse af risici indgår i miljø- og sundhedspolitikken, der kombineret med den videnskabelige risikovurdering bestemmer, hvordan et samfund håndterer problemerne og dermed hvilke grænseværdier, der bliver gældende (risk management). Af hensyn til international samhandel sker der dog en international samordning af gældende grænseværdier, men national variation forekommer dog, bestemt af lokale særinteresser.

# Prioritetskontaminanter

*Mennesket har mistet omtanke og forudseenhed.  
Det ender med at han vil bringe jorden i fordærv  
Albert Schweitzer*

Antallet af mulige kontaminanter i miljøet, der direkte eller indirekte kan påvirke mennesker, er legio. Men nogle er mere sandsynlige end andre som årsag til sundhedsmæssige problemer. Derfor opererer man med begrebet prioritetskontaminanter. Det, der afgår om et givet stof hører til den ene eller den anden gruppe, bestemmes af en række faktorer i miljøet, såsom den mængde hvori de forekommer, deres stabilitet og spredningsmuligheder, samt om de bioakkumuleres i fødekæderne.

Hvorvidt et forureningsstof udgør en risiko for mennesker er naturligvis først og fremmest betinget af belastningsniveauet eller dosis, idet ethvert kemisk stof er giftigt i en vis dosis, men stoffernes fysiske-kemiske egenskaber afgør hvilket dosisniveau, der må betegnes som kritisk. De egenskaber der betinger, at et stof henregnes som et prioritetsstof, er dets opløselighed, dets metabolisme (biokemiske omsætning), dets akkumuleringsevne og dets toksiske potentiale.

Generelt er kemiske stoffer enten vandopløselige (hydrofile) eller fedtopløselige (lipofile). De fleste prioritetskontaminanter tilhører den lipofile gruppe, idet stoffer der kan opløses i fedt lettere trænger igennem cellemembraner og derved lettere optages i organismen. Det betyder også noget for fordelingen i organismen, idet disse stoffer lettere passerer biologiske beskyttelsesmembraner, som blod-hjernebarrieren og placentabarrieren, således at hjerne og fosteret vil blive udsat for påvirkninger af disse stoffer.

Organismens evne til at omsætte, metabolisere, stoffer er et vigtigt led. Enhver levende organisme har et forsvar til at beskytte sig mod skadevirkninger fra omgivelserne. Det gælder også mod kemisk påvirkning af de såkaldte fremmedstoffer (xenobiotica; xenos = fremmed, bios = liv). Omsætningen af de fleste fremmedstoffer sker via en række enzymatiske processer. Den gruppe af enzymer, der er udviklet til at omætte fremmedstoffer, er de såkaldte monooxydaser eller P<sub>450</sub> enzymer. Dette er en stor familie af enzymer, der har udviklet sig under hele evolutionen resulterende i forskellige underfamilier, der er karakteristisk for den enkelte dyreart. Man kan derfor ikke umiddelbart forvente at forskellige dyr, herunder

mennesker omsætter fremmedstoffer på samme måde; dette er en af de vigtigste usikkerhedsfaktorer ved at basere grænseværdier for mennesker på basis af dyreforsøg.

Formålet med omsætningen af fremmede stoffer er at omdanne lipofile substanser til hydrofile, der kan udskilles gennem nyrerne, således at organismen slipper af med stofferne. Hvis stoffers kemiske karakter betinger, at enzymer har vanskeligt ved at omdanne dem eller deres omdannelsesprodukter, vil de ved kronisk påvirkning ophobes, og med tiden kan der opbygges en koncentration, der vil være kritisk.

En komplicerende omstændighed er, at visse fremmedstoffers molekyler ligner naturlige molekyler så meget, at de direkte kan gå ind i konkurrence med disse (kemomimese) og enten modvirke eller fremme en proces. Dette vil især være at finde indenfor gruppen af pesticider (bekæmpelsesmidler), der bevidst er udviklede til at gribe ind i biokemiske processer med et formål at dræbe f.eks. insekter.

Stofomsætningen via  $P_{450}$  enzymerne vil ikke i alle tilfælde resultere i en afgiftning til komponenter, der kan udskilles, men i visse tilfælde dannes der omsætningsprodukter (metabolitter), der har større toksicitet end det oprindelige stof, der sker således en aktivering. Det gælder for langt de fleste kemiske carcinogener fra miljøet, at det stof hvormed organismen belastes, i sig selv er non-carcinogent, men at organismens egne enzymer aktiverer det til den carcinogene forbindelse.

Dette fænomen er, med rette, betegnet som et af naturens paradokser, men skal ses i en evolutionær dimension som reminiscenser fra en fjern fortid, hvor det, under fundamentalt forskellige livsbetingelser fra vores, var hensigtsmæssigt at besidde denne type af stofomsætning. De enzymer af  $P_{450}$  familien, der aktiverer fremmedstoffer, er således mere fremherskende i laverestående dyr som padde og reptiler, end hos pattedyr og mennesker.

Det er ikke alle fremmedstoffer, der omsættes via  $P_{450}$  familiens enzymer, idet en række stoffer navnlig de uorganiske vil indgå i en non-enzymatisk stofomsætning

De overordnede betingelser for, hvordan en organisme reagerer på en given belastning med fremmedstoffer, kan opdeles i de konstitutionelle betingelser, d.v.s. de arvemæssige forudsætninger for hvordan enzymdannelsen og omsætningen foregår og i de konditionelle betingelser, der er regulerede af det ydre miljø og livsstilsfaktorer (jfr. figur 3).

Et væsentligt led i de konditionelle betingelser for stofomsætning er den oxidative balance, der består i en optimal ligevægt mellem prooxidative og antioxidative elementer. En lang række fremmedstoffer virker prooxidativt i organismen og vil dermed øge behovet for antioxidanter. Organismen besidder en række forsvarsmekanismer mod oxidative skader, men et væsentligt bidrag kommer gennem kosten, og hermed har vi en sammenkobling mellem følsomheden for påvirkning af forureningsstoffer og kost, samt livsstilsfaktorer mere generelt. Vigtige antioxidanter i kosten er selen, vitamin E, vitamin C,  $\beta$ -karoten og de såkaldte "fytokemikalier".

## De enkelte prioritetskontaminanter

Fremmedstoffer kan inddeles i uorganiske og organiske. Af de uorganiske forureninger tænkes i første række på tungmetaller som kviksølv, cadmium og bly. Begrebet tungmetaller er uheldigt, da det ikke entydigt kan defineres og ofte diskuteres i samme sammenhæng som selen og arsen, der ikke er metaller, da disse grundstoffer indgår i interaktionsfænomener med metallerne. Begrebet tungmetaller har dog vundet hævd og vil i denne fremstilling blive anvendt i betydningen de tre prioritets forureningsmetaller kviksølv, cadmium og bly.

De organiske prioritetskontaminanter er alle karakteriserede ved at være vanskeligt nedbrydelige i naturen, de er persistente og betegnes følgelig som persistente organiske forureningsstoffer (eller på engelsk persistent organic pollutants POPs). Hertil hører bekæmpelsesmidler, pesticider. Indenfor denne gruppe af mangeartede kemiske forbindelser er det især de klorerede kulbrinter, anvendt til insektbekæmpelse, der har betydning. En anden gruppe er industrikemikalier PCB (polyklorerede bifenyl), og en tredje er biprodukter ved forbrændingsprocesser som dioxiner og PAH (polyaromatiske kulbrinter).

De her nævnte stofgrupper er dem, der for øjeblikket betragtes med størst alvor som forureningsstoffer og er da også de prioritetsstoffer, der er inkluderet i AMAP-mandatet. Det må ikke opfattes som en fuldstændig og endegyldig liste over problemstoffer, men som de grupper af forureninger, der med vores nuværende viden må tillægges størst betydning. Nye stoffer kan syntetiseres og spredes i miljøet, ligesom der kan frembringes ny viden om potentielt skadeeffekt af hidtil upåagtede stoffer.

## Metaller

Metaller er naturligt forekommende grundstoffer og findes som sådanne i en vis baggrundskoncentration overalt. Hertil kommer at mennesker udnytter metaller til



en række teknologiske formål, hvorved der kan tilføres omgivelserne en overkoncentration i form af spildprodukter. Metallerne er dermed ikke absolutte forureningsstoffer. Kun den menneskeskabte del kan betragtes som forurening. Dette er vigtigt, når der skal tages stilling til hvorvidt, og i hvilken grad metallerne skal betragtes som potentielt sundhedsskadelige elementer.

En lang række metaller er essentielle, d.v.s. de indgår i vores daglige kost som nødvendige sporelementer eller mikroernæringsstoffer; andre som kviksølv, cadmium og bly er uden nogen påviselig gavnlig virkning og betragtes dermed udelukkende ud fra deres giftvirkning.

Det er karakteristisk for organismen, at der finder regulering sted af de essentielle sporstoffer - en såkaldt homeostatisk mekanisme, således at man undgår forgiftningssymptomer. Dette gælder naturligvis kun indenfor visse grænser, idet alle grundstoffer er giftige i overdosis, og den regulerende kapacitet har visse grænser (fjr. dosis-effektkurverne figur 5 og 7). For de toksiske metaller formodes der ikke at være nogen gavnvirkning, men alligevel er der mulighed for at de i en vis koncentration, svarende til den naturlige baggrund, kan håndteres uden, at der opstår skadevirkning.

### **Kviksølv**

Kviksølv er et halvædelt metal med helt specielle egenskaber, idet det, som det eneste metal, er flydende ved almindelige omgivelsestemperaturer. Dette, sammen med at det har evne til at reagere med ædelmetaller som guld under dannelse af amalgam har bevirket, at kviksølv i årtusinder har været omgæret af en vis mystik, og har været et væsentligt element i alkymisternes bestræbelser på at transformere uædle metaller til guld. Kviksølv har været kendt og anvendt siden oldtiden, og dets giftvirkning har været kendt og er beskrevet af Galén (græsk læge i Rom ca. 130-200 e.Kr.). Som forureningsstof blev det først kendt i midten af dette århundrede, hvor nogle massive forureningsepisoder, med masseforgiftninger til følge, afslørede problemet.

Kviksølv tilføres naturligt miljøet fra geotermisk aktivitet. Fra vulkaner og varme kilder kan kviksølvdampe fra dybereliggende aflejringer tilføres atmosfæren. Det udsendes som metaldampe, men vil i atmosfæren iltes til ioner ( $\text{Hg}^0 \rightarrow \text{Hg}^{++}$ ), der opløses i vand og tilføres jordens overflade med regn. I vandområder, både ferske og salte vande, sker der en mikrobiel omsætning af kviksølvionerne til det organiske methyلكviksølv.

Kviksølvionerne er vandopløselige, mens methylkviksvølvet er fedtopløseligt. Ved methyleringen skabes der derfor mulighed for optagelse i levende organismer, primært i plankton, hvorved kviksvølvet er introduceret i de akvatiske fødekæder. Hos de fleste fisk udskilles methylkviksvølvet ekstremt langsomt, hvorfor fisk ophober metallet med alderen (bioakkumulering). Der vil yderligere ske en opkoncentrering for hvert led i fødekæden (biomagnificering).

De mennesker, der hovedsageligt lever af marine fødevarer, vil dermed være sidste led i en lang fødekæde og få den største belastning. Særlig alvorligt er det, hvis det er de allerhøjeste led i de marine fødekæder som tandhvaler (narhval og hvidhval), der er de foretrukne fødeemner. Polareskimoerne i Nordgrønland hører hermed naturligt til de højst belastede befolkninger, og sådan har det til alle tider været.

Spørgsmålet i dag er, om der oveni den naturlige kviksvølvforekomst er en menneskeskabt del og om denne del er stigende, eller om de nu indførte begrænsninger i anvendelse af kviksvølv har slået igennem, således at der er tendens til et fald i belastningen. Fortsat overvågning er derfor vigtig.

I fisk findes så godt som alt kviksvølv i methyleret form, mens der i pattedyr sker en omsætning fra methylkviksvølv til uorganisk form. Denne omsætning sker f.eks. i leveren, hvor det er påvist, at størstedelen af kviksvølvet er uorganisk. Methylkviksvølv optages let af mennesker, mens de uorganiske forbindelser vanskeligt optages. Analyse af pattedyrs organer viser, at totalkviksvølvkoncentrationen er højest i organer som lever og nyre, men lavere i muskulaturen. Da kviksvølvet i muskulaturen udelukkende findes i methyleret form, er kød den vigtigste kilde til menneskers kviksvølvbelastning.

Da methylkviksvølv er fedtopløseligt, optages det let over mave-tranokanalen (ca. 90% af det optages i kroppen). Efter optagelsen sker der en binding af methylkviksvølv til den svovlholdige aminosyre L-cystein, hvorved methylkviksvølvet mister noget af sin fedtopløselighed, men vil dog stadig være i stand til at passere biologiske barrierer som blodhjernebarrieren og placenta. Den største bekymring om methylkviksvølv er derfor skade på centralnervesystemet og fosterskader.

Ved konstant daglig indtagelse af kviksvølvholdige fødevarer vil der indstille sig en ligevægt mellem daglig indtag og blodkoncentration, således at det daglige indtag målt i mikrogram (0,000001 gram) cirka modsvarer blodkoncentrationen mikrogram pr. liter. Således vil den af WHO anbefalede provisorisk tolerable ugentlige

indtagelse (PTWI) af max. 200 mikrogram methylkviksølv svaretil en blodkoncentration på  $200:7 = 28\mu\text{g/l}$ .

Ved de før omtalte masse forgiftninger er det skønnet at den blodkoncentration, hvorved de mest følsomme individer udviser de første tegn på forgiftning er ca.  $200\mu\text{g/l}$ . (Der er således i WHO's PTWI indkalkuleret en sikkerhedsfaktor på ca. 10). De første tegn er uspecifikke neurologiske symptomer som parastesi, mens specifikke forgiftningssymptomer i form af synsfeltforsnævring (kikkertsyn) optræder ved blodkoncentrationer omkring  $1000\mu\text{g/l}$ .

Siden 1979 er der foretaget systematiske målinger af den grønlandske befolknings blodkviksølvkoncentrationer. Disse målinger har dokumenteret, at der er en sammenhæng mellem menneskers belastning og den mængde af traditionel grønlandsk kost der spises. De højeste belastningsniveauer i Nordgrønland, hvor en undersøgelse i 1984 viste, at der i den voksne del af befolkningen kunne påvises blodkoncentrationer i nærheden af det niveau, hvor minimale toksiske reaktioner kan forventes (jfr. tabel 3.)

**Tabel 3.**  
**Koncentration af kviksølv i fuldblod fra fire grønlandske områder samt fra grønlændere bosatte i Danmark (givet som percentil)**

Region	Antal	Percentil $\mu\text{g/l}$				
		10	50	90	95	99
Nord	87	45	102	212	220	250
Nord vest	35	15	39	87	94	99
Syd vest	70	4	17	39	48	66
Øst	151	12	45	81	88	100
Grønlændere i Danmark	27	2	5	16	25	38

*Fra J.C. Hansen: Exposure to heavy metals (Hg, Se, Cd & Pb) in Greenlanders. A review of an Arctic environmental study. Disputats. Institut for Miljø- og Arbejdsmedicin, 1988, 2. udgave 1989.*

Selvom den grønlandske befolkning internationalt set har en høj kviksølvbelastning, ligger den dog under det niveau, hvor der forventes alvorlige helbreds-effekter

i den voksne del af befolkningen. Bekymringen rette sig mod mulige skader på fostre. Methylkviksølv passerer let placenta barrieren, og fosteret er dermed belastet i forhold til de gravide kvinders belastning. Som det vil ses i figur 10 er koncentrationen i fosteret, som repræsenteret ved navlestrengsblod koncentration, højere end moderens, hvilket skyldes forskelle i bindingskapaciteten mellem moderens blod og fosterblodet. Da fostre generelt er mere følsomme end voksne for kemiske påvirkninger, giver den aktuelle situation anledning til alvorlig bekymring

Der er foreslået en maksimal tolerabel blodkoncentration hos gravide kvinder på 50 µg/l for at yde beskyttelse for fostrene. En opgørelse over blodkoncentrationer hos gravide kvinder i Grønland ses af tabel 4. Som det fremgår kan denne sikkerhedsgænse ikke overholdes for en betydelig del af de grønlandske kvinder.

**Tabel 4.**  
**Procentvis fordeling af blodkviksølvkoncentration hos gravide kvinder i relation til forskellige grænseværdier**

	% med blodkoncentrationer over		
	25 µg/l	50 µg/l	100 µg/l
<b>Nuuk</b>	7	0,2	0
<b>Andre distrikter</b>	54	21	3,5
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>8</b>	<b>1,3</b>

*Kviksølvs skæbne i den menneskelige organisme*

Vi ved i dag, at der sker en omsætning af methylkviksølv i den menneskelige organisme, således at methylkviksølv omdannes til uorganisk kviksølv, det er sandsynligt at disse processer foregår via oxidative processer, hvor antioxidant som vitamin E og selen spiller en væsentlig regulerende rolle. Det vides også med stor sandsynlighed, at det dannede uorganiske kviksølv bindes til selen og deponeres i inaktiv form i cellerne, således at der sker en livslang ophobning af inaktivt selenbundet kviksølv.

Da transporten til fostret kun omfatter frit methylkviksølv vil kropsbelastningen som sådan ikke være afgørende for eventuelle fosterskader, men først og fremmest for den aktuelle blodkoncentration, der bestemmes af dagligt indtag. Der er hermed en rimelig god chance for at forebygge fosterskader forårsaget af kviksølv ved at iværksætte en kostvejledning til gravid kvinder, for at undgå de fødevarer, der har de højeste koncentrationer af methylkviksølv, under graviditet.

Det er specielt centralnervesystemets udvikling, der er følsomt for methyلكviksølv-påvirkning. Det formodes, at effekten sker på en speciel celletype, astroglia, hvis udvikling starter i ca. 7. uge og fortsætter gennem fosterudviklingen. En kostændring ved graviditetens konstatering kan ikke fuldt beskytte fosteret, idet der er en halveringstid på 40-50 dage for aktivt methyلكviksølv. En rationel og effektiv handlingsplan vil derfor være allerede i folkeskolen at undervise piger i den mest hensigtsmæssige kost i deres voksenliv.

#### *Beskytter selen?*

Utallige dyreforsøg har godtgjort, at selen beskytter mod såvel uorganisk som organisk kviksølvforgiftning. En lignende effekt er ikke direkte påvist hos mennesker, men er sandsynlig.

Grønlandsk traditionel kost er rig på selen, især indeholder mattak store mængder, og de undersøgelser, der er udført, viser at selenkoncentrationen i blod er meget høje sammenlignet med kviksølvkoncentrationen. Teoretisk skulle der derfor være en mulighed for, at den konstaterede høje kviksølvbelastning ikke er så alvorlig. Dette må dog tages med forbehold, idet vi ved, at selen kan inaktivere den uorganiske kviksølvioner, der dannes ved nedbrydningen af methyلكviksølv, mens det er usikkert, hvorvidt selen har indflydelse på effekten af den intakte aktive methyلكviksølv.

Der er derfor god grund til ikke at forlade sig på, at den rigelige selentilførsel afhjælper problemerne og at iværksætte en aktiv indsats for at beskytte det mest sårbare liv, nemlig fostrene.

#### **Konklusion om kviksølv**

Den grønlandske befolkning hører til verdens højst eksponerede med methyلكviksølv på grund af et højt indtag af kød fra havpattedyr. Fosterudviklingen er den mest sårbare periode for en skadelig effekt. Der er en reel mulighed for at begrænse indtagelsen gennem kostvejledninger, der bygger på kendskab til koncentrationer i fødevarer og folks spisevaner. Begrænsninger kan i henhold til forskellige grænseværdisætninger opnås som illustreret i figur 10.

Det fremgår af figuren, at fisk ikke udgør et problem, mens indtag af havpattedyrkød kan være kritisk, især hvad angår kød fra tandhvaler, Det nuværende belastningsniveau må anses for at være uden konsekvenser for voksne mennesker, mens gravide kvinders indtag bør begrænses af hensyn til beskyttelse af fostre.

Kviksølvoptagelse fra amalgamfyldninger må anses for at være et ubetydeligt problem i Grønland, idet optagelsen herfra er minimal sammenlignet med tilførslen fra kosten.

### **Cadmium**

Cadmium har ikke været kendt så længe som bly og kviksølv. Det blev beskrevet første gang i 1817, men er først anvendt teknologisk fra begyndelsen af det 20. århundrede, hvor anvendelsen har været jævnt stigende til bl.a. pigmenter, metaloverfladebehandling og batterier. Cadmium ligner zink og findes som følgestof i zinkmalm. Derfor har der, så længe man har udvundet og brugt zink samtidig været en cadmium forurening. Visse gødningstyper, superfosfat, indeholder naturligt spor af cadmium, der ved gødskning tilføres landbrugsjorden. I modsætning til bly og kviksølv kan planter aktivt optage cadmium. Hvor meget planter optager er afhængig af jordbundens kemi. Jo lavere pH i jordvæsken jo mere cadmium optages i planterne.

Planter udgør dermed et væsentligt led i spredning af cadmium til dyr og mennesker. Efter absorption fra mave-tarmkanalen bindes cadmium i leveren til et lavmolekylært, svovlrigt protein, metallothionein. Cadmium inducerer dannelsen af proteinet, der følgelig binder metallet, hvorved dette inaktiveres og føres proteinbundet til nyrerne, hvor det deponeres i nyrebarken (proximale tubulus celler). Hos dyr findes de højeste cadmiumkoncentrationer i nyrer og lever, der dermed også er væsentlige cadmium kilder for rovdyr og mennesker.

En speciel kilde for mennesker, og den absolut vigtigste, er rygning. Tobaksplanten optager som andre planter cadmium og ved rygning exponeres man gennem respirationsvejene, hvor absorptionsforholdene er bedre end i mave-tarmkanalen. En cigaret indeholder ca. 1-2 µg cadmium afhængig af mærke. 20 cigaretter daglig betyder altså i gennemsnit 30 µg inhaleret cadmium. Ca. halvdelen deponeres på slimhinderne og vil føres op i svælget og sluges; resten når alveolerne og af dette absorberes ca. 10%. Nettoabsorptionen fra 20 cigaretter bliver dermed ca. 1,5 µg

En typisk dansk kost vil også tilføre ca. 30 µg pr. dag. Absorptionen i tarmkanalen er ca. 5%, hvilket betyder en absorberet mængde på 1,5 µg. Dette betyder, at rygning af 20 cigaretter daglig fordobler belastningen.

I modsætning til bly og kviksølv danner cadmium ikke organiske metalforbindelser og forbliver i vandopløselige proteinforbindelser. Derved er placenta en effektiv barriere, der hindrer en direkte fosterpåvirkning med cadmium. Indirekte kan cadmium dog tænkes at have negativ effekt på fosterudviklingen, idet cadmium er i

interaktion med zink, hvorfor en høj cadmium belastning under graviditet kan medføre relativ zinkmangel for fosteret.

Placentas barriereeffekt betyder, at nyfødte har meget lave cadmiumkoncentrationer i deres organer, men fra fødselen begynder belastningen og på grund af deponering i lever og nyrer vil kropsbelastningen stige med alderen. Dette hænger sammen med, at cadmium meget vanskeligt udskilles, og det skønnes, at halveringstiden i nyrebark hos mennesker er over 10 år.

Nyrebarkkoncentrationen stiger til ca. 50 års alderen, hvor der indtræder et plateau hvorefter koncentrationen falder hos de ældre. Dette fald er hverken et udtryk for en øget udskillelse eller mindsket belastning, men skal ses i lyset af, at der sker en gradvis aldersdegeneration i nyrerne med tab af aktive nefroner. Der bliver billedlig talt mindre plads til at opbevare cadmium, der i stedet deponeres i leveren. Leverkoncentrationen stiger gennem livet jfr. figur 12.

Da nyrebarken ophober størst mængde af cadmium, er det også det mest følsomme system for skadeeffekter. Beregninger fra industrielt belastede arbejdere har vist, at ved en nyrebarkkoncentration omkring 200 mg/kg (0,2 gram/kg) vil ca. 10% udvise symptomer på svigtende funktion af nyrebarken, d.v.s. at der udskilles forøgede mængder protein og mineraler i urinen ( $\beta_2$  mikroglobulin og calcium). Erfaringer fra industrien har også vist, at disse skader er irreversible, d.v.s. at det ikke nytter at standse belastningen, idet cadmium forbliver i nyrerne og vil forsat kunne udøve skader.

I tilfældet cadmium er forebyggelse den eneste mulighed for at undgå skader. Da ovennævnte beregninger af en kritisk nyrebarkkoncentration er baseret på mænd i den arbejdsdygtige alder, kan resultaterne formodes at være påvirkede af den såkaldte "healthy worker effect". Nyere undersøgelser udført på en bredere befolkningsgruppe i et belgisk industriområde har da og så vist, at den kritiske værdi for almenbefolkningen sandsynligvis ligger i nærheden af 50 mg/kg. I figur 12 ses, at den maksimale gennemsnitlige nyrebarkkoncentration i en gruppe danskere ligger omkring 25 mg/kg. Da der er en spredning på et gennemsnit, er det ikke usandsynligt at visse individer kan overskride de 50 mg/kg.

Da cadmium også påvirker calciumbalancen, har der været mistanke om at cadmiumbelastning også kan være en årsagsfaktor i udvikling af osteoporose. Der foreligger undersøgelser, der støtter denne teori, men det er endnu for tidligt at drage endelige konklusioner.

Cadmiumbelastning har været sat i forbindelse med udvikling af hypertension. Resultaterne af undersøgelserne er dog ikke entydige, men det er rimeligt at sige at cadmium kan være en medvirkende årsag hos personer, der i forvejen er disponerede for at udvikle for højt blodtryk. En hypotese for denne sammenhæng kunne være, at cadmium ved induktion og binding til metallothionein belaster tilgængeligheden af de essentielle svovlholdige aminosyrer, der vides at have betydning for den hormonelle blodtryksregulering.

En række epidemiologiske undersøgelser har forsøgt at etablere en sammenhæng mellem cadmiumbelastning og lunge- og prostatacancer. Resultaterne har ikke været entydige, men alligevel har det internationale cancerforskningsagentur IARC i 1993<sup>8</sup> erklæret cadmium for et humant carcinogen (gruppe 1).

Siden starten på metalbelastningsundersøgelserne i Grønland i 1979 har cadmium været analyseret i blodprøver. Resultaterne viste en klar relation til rygevaner, som forventet.

Cadmium ophobes også i havpattedyrs organer, der indgår i den grønlandske kost, og beregninger har godtgjort, at gennemsnitsindtagelserne i visse tilfælde kan overstige den grænseværdi, der er fastlagt af WHO som maksimal tolerabel på 1 µg/kg/dag med op til en faktor 10. Denne høje belastning har dog ikke kunnet afsøres i blodprøver. Ved at sammenligne blod-cadmium-koncentrationer i blod fra ikke rygere med spisevaner som vist i figur 13 ses dog, at der er en forskel således, at personer med overvejende traditionel kost har det højeste gennemsnit. Figuren viser at grønlændere, der ikke ryger og spiser overvejende importeret kost, har et koncentrationsniveau svarende til ikke-rygende danskere (< 1 µg/l), mens de, der spiser overvejende traditionel kost, har et gennemsnit svarende til danske rygere (> 1 µg/l). Grønlandske rygere, der samtidig har et overvejende traditionelt kostindtag, må følgelig betragtes som en risikogruppe for med alderen at kunne udvikle en cadmium forårsaget nyreskade.

### **Konklusion om cadmium**

Cadmium er et metal med høj akkumuleringstendens. Det ophobes i nyrebarken og kan med det aktuelle belastningsniveau forårsage nyreskader hos de mest følsomme individer. Cadmium er endvidere sat i forbindelse med osteoporose, hypertension og cancer. Den vigtigste kilde er rygning, hvorfor nedsættelse af tobaksforbruget er

<sup>8</sup> IARC 1993: *Beryllium, cadmium, mercury and exposure in the glass manufacturing industry*. World Health Organization International Agency for Research on Cancer, Lyon, France.



den mest effektive forebyggende foranstaltning. Det høje cadmiumindhold i visse grønlandske fødevarer betinger dog, at cadmiumbelastningen herfra bør indgå i overvejelser vedrørende kostanbefalinger. Fortsatte studier over cadmiumsrelation til osteoporose og hypertension er påkrævede.

### **Bly**

Bly, som er det tredje af prioritetsmetallerne har været kendt siden oldtiden og har været anvendt til en lang række formål, som f.eks. til vandrør. Dette sker allerede i det klassiske Rom. Blysalte indgår i glasur på keramik og har dermed været en kilde til human belastning, siden denne teknik indførtes omkring ca. år 1200. Med opfindelsen af skydevåben blev der brug for bly til kugler, og denne anvendelse har været en meget væsentlig kilde til human belastning, såvel direkte som indirekte ved spising af fugle skudt med blyhagl.

Som følge af den udbredte anvendelse er belastning med bly ikke kun et nutidigt forureningsfænomen, men har været en realitet gennem hele den historiske tid.

Forskellen mellem før og nu er, at det tidligere var punktkilder der belastede enkeltindivider, der var i kontakt med disse kilder. I nutiden er tale om en global spredning, som følge af industrielle udslip og den efter 2. verdenskrig udbredte anvendelse af blyforbindelser som tilsætning til benzin. Fra industrier og motorkøretøjer kommer bly i partikelbunden form ud i atmosfæren og spredes gennem luftstrømmene.

Ved starten af metalbelastningsundersøgelserne i Grønland blev bly inkluderet i programmet med den hensigt at fremskaffe nogle baggrundsværdier til sammenligning med dem, der fandtes i industrilandene, idet man gik ud fra, at Grønland var et fjernt, arktisk område uden industri og biltrafik. Det var derfor en stor overraskelse, da det blev afsløret at grønlænderes blodblykoncentrationer var på højde med dem, der blev fundet i europæiske storbyer.

En endegyldig forklaring på dette fænomen er ikke tilvejebragt, men den mest sandsynlige forklaring er, at bly tilføres Arktis gennem luftstrømme fra industriområderne, og at der sker en præcipitation i de kolde arktiske områder.

De mængder, der tilføres fjerne egne som Arktis, er små sammenlignet med de miljøkoncentrationer, der findes i industriområderne, men det må tages i betragtning, at andre miljøfaktorer kan have indflydelse på, hvor meget af den tilgængelige mængde bly der kan optages. Her spiller den lave optagelse af calcium, vitamin D og C sandsynligvis en rolle.

Bly er kemisk beslægtet med calcium, og bly vil i organismen følge calcium, derfor er det vigtigste blydepot knoglesystemet, hvor ca. 90% af kroppens samlede bly befinder sig. Dyreforsøg har vist, at absorption af en given mængde bly afhænger af calciumkoncentrationen i dyrenes drikkevand. Jo mere calcium jo mindre bly absorberes. Der er en direkte konkurrence mellem de to metaller. Grønlandsk drikkevand er calcium fattigt, hvorfor der vil være en relativ høj blyabsorption.

Bly som forureningsstof er først og fremmest diskuteret i relation til påvirkning af små børn. Børn er en risikogruppe for blypåvirkning, fordi de er i tættere kontakt med blyforurenede støv og jord, da børn i storbyer leger i tæt kontakt med gadebly. Det er påvist, at absorption over mave-tramkanalen er højere hos børn end hos voksne og endelig at børns organer, der stadig er under udvikling, er mere følsomme end voksne. Et specielt forhold er, at blodhjernebarrieren først udvikles i løbet af de første leveår, hvorfor små børns hjerne er mere sårbar end voksne. Bly påvirker centralnervesystemet hos små børn, mens det hos voksne primært er det perifere nervesystem der påvirkes. Følgelig har blypåvirkning med rimelig stor vægt været diskuteret i relation til minimal cerebral dysfunktion hos børn.

Selvom det bly der optages hovedsagelig findes som uorganiske forbindelser, er det istand til at passere placenta-barrieren, således at fosterblodkoncentrationen ligger på ca. 80% af koncentrationen i moderens blod, se figur 14.

Det er derfor rimeligt at forestille sig, at fosterudviklingen også er en kritisk periode for blybelastning.

Efter at det i 70'erne blev klart, at der er et problem forbundet med almen befolkningens blybelastning med småbørn som en særlig risikogruppe, er der indført forbrugsbegrænsninger af bly med henblik på at nedsætte belastningen. Den væsentligste foranstaltning er en gradvis reduktion af anvendelsen af bly som additiv til benzin, hvilket har bevirket, at såvel miljø- og humane blodblykoncentrationer har været dalende i gennem de seneste årtier. Dette er påvist ved flere undersøgelser i industrilandene. En screening af blodbly hos gravide kvinder og i navlestrengsblod har vist den samme faldende tendens i Grønland. Dette er et bemærkelsesværdigt fund, fordi det er en indikator for den globale sammenhæng i miljøet, og at emissionsbegrænsende foranstaltninger ikke kun har lokal effekt, men kan slå igennem i en større geografisk skala. Se figur 15.

### Konklusion om bly

Bly er et metal med mange teknologiske anvendelser og det spredes via luftbårne partikler på en global skala. Da lovmæssige begrænsninger i forbruget har resulteret i en signifikant nedsat miljøbelastning og følgelig human belastning udgør den aktuelle blybelastning ikke en umiddelbar risiko.

**Tabel 5.**  
**Nogle internationale grænseværdier for tungmetaller**

	Grænseværdi for luft	Grænseværdi for drikkevand	Provisorisk tolerabel daglig indtag	Uovedkilde til belastning
<b>Cadmium</b>	10-20 nano g/m <sup>3</sup> (byluft)	3 µg/liter	Ca. 7 µg/kg legems-vægt	Erhverv Cigaretter Fødevarer
<b>Bly</b>	0,5-1 µg/m <sup>3</sup>	10 µg/liter	50 µg/kg legemsvægt	Erhverv Pica Deponering af blyholdige partikler
<b>Kviksølv</b>	1 µg/m <sup>3</sup>	1 µg/liter	5 µg/kg legemsvægt som kviksølv 3,3 µg/kg legemsvægt som metyl Kviksølv (MeHg)	Erhverv Marine fødevarer

Det skal dog understreges, at bly er et kraftigt neurotoksisk stof for småbørn, og at det passerer placentabarrieren. Fortsat kontrol og overvågning af lokalbefolkningen er derfor stadig af betydning.

Internationalt vedtagne maksimum tolerable indtag for bly, kviksølv og cadmium ses i tabel 5.

### Organiske forureninger

Det er karakteristisk for organiske forureninger, at de stort set alle er menneskeskabte og dermed helt klart er at betragte som forureningsstoffer i alle koncentrationer - i modsætning til metallerne, der forekommer i en naturlig baggrundskoncentration.

tration. Som menneskeskabte kemikalier er de også fremmede for levende organismers stofomsætning og kan dermed betragtes som principielt skadelige i alle koncentrationsniveauer. Forekomst i menneskers mad og organismer er uacceptabel, men er som følge af den globale forurening, desværre uundgåelig.

De organiske kontaminanter er tilstede i miljøet enten fordi de anvendes i teknologiske processer eller fordi de opstår som biprodukter ved kemiske synteser eller affaldsforbrænding. Fra produktions- og anvendelsesstederne sker der en spredning, fortrinsvis gennem atmosfæren, men også ved spredning og opkoncentrering i de marine fødekæder. Mange af stofferne er blevet globalt spredt, og menneskers belastning er dermed ikke kun koncentreret om de steder, hvor de fremstilles og bruges. Mennesker der lever i fjerne egne, som Arktis belastes også. I visse tilfælde, som Inuit der er afhængig af marine pattedyr, overstiger belastningen den som mennesker i oprindelseslandene udsættes for.

De af de organiske forureninger, der henregnes til prioritetskontaminanter, er først og fremmest de organiske klorforbindelser. De er svært nedbrydelige, fedtopløselige, akkumuleres i fødekæden og besidder et toksisk potentiale.

Organiske klorforbindelser kan grupperes i pesticider (insektbekæmpelsesmidler), teknologiske hjælpestoffer (PCB, polyklorerede bifenyl) og forurenende biprodukter (dioxiner og furaner).

### **Pesticider**

Anvendelsen af syntetiske pesticider til bekæmpelsesformål blev vidt udbredt efter 2. verdenskrig, hvor der for alvor kom gang i storproduktion i den kemiske industri. En række bekæmpelsesmidler omsættes let i naturen, hvorfor de ikke akkumuleres og ikke udgør alvorlige forureningsproblemer. Andre, fortrinsvis stoffer af gruppen organoklorforbindelser anvendt mod insekter, er derimod persistente og er nu, efter de første årtiers uhæmmede brug, under regulering i de fleste vestlige industrilande.

Den bedst kendte repræsentant for gruppen er DDT. Den kemiske sammensætning er vist i figur 16.

DDT blev syntetiseret i forrige århundrede, men dets egenskab som insektbekæmpelsesmiddel blev først opdaget i dette århundrede af schweizeren Paul Müller, der i 1948 fik Nobelprisen i medicin med den begrundelse, at der med DDT var fundet et effektivt middel til bekæmpelse af vektorbårne sygdomme, først og fremmest

malaria. DDT har lav akut toksicitet, men på grund af dets persistens og mulige langtidseffekter blev det forbudt i mange lande i 70'erne.

Som en fedtopløselig substans optages DDT let i organismen, hvor det langsomt omsættes ved afkobling af kloratomer i den centrale etan-kæde, således at det efterhånden omdannes til DDE (diklor-difenylytylen). Denne metabolisering foregår i hele fødekædesystemet, således at hovedbelastningen af mennesker sker med DDE og tilsvarende dominerer DDE over DDT i humant fedt (se figur 17).

DDT har en svag østrogen effekt, mens DDE længe har været anset for at være relativt inaktivt. For nylig er det dog påvist at besidde en androgen receptorbindende egenskab. DDT og dets omsætningsprodukt kan derfor henregnes til de hormonbalance-modificerende forureningsstoffer.

Toxafen er en gruppe pesticider, der består af mere end 670 congenere forbindelser. Det har været brugt til insektbekæmpelse i bomuldsmarker, hvor det blev anset for et miljøvenligt kemikalium, der ikke akkumulerede i jorden. Årsagen hertil var, at stoffet er relativt let fordampeligt. Via atmosfæren er det blevet spredt, og i dag udgør det en betydelig andel af arktiske folks belastning med pesticider. De fleste af toxafenforbindelserne nedbrydes i dyrs organismer, men to af dem (betegnet  $T_2$  og  $T_{12}$ ) er modstandsdygtige mod metabolisk omsætning og findes typisk i dyrs og menneskers fedt.

Dyreforsøg tyder på, at toxafen er cancerogent, og det internationale canceragentur, IARC, har klassificeret det som et muligt humant carcinogen. Helt nye forskningsresultater har vist, at de persistente toxafener  $T_2$  og  $T_{12}$  besidder kraftig østrogen receptor-bindende egenskaber, samt at deres effekt forstærkes ved interaktion med andre klorede pesticider. Toxafen er dermed også et potent hormonbalance forstyrrende stof.

Først for nylig er det blevet teknisk muligt at foretage sikre analyser af toxafen, derfor blev det ikke inkluderet i AMAP, men blev undersøgt i forbindelse med AMAP opfølgingsprogrammet i 1997.

En række andre pesticider som hexachlorocyclohexaner (HCH), kendt under navnet lindan og chlordan, indgår også i de marine fødekæder og findes derfor i humant fedt.

### **PCB**

Polyklorerede bifenyl er består af en gruppe på 209 beslægtede kemikalier med et skelet bestående af to fenolringe med et varierende antal kloratomer.

PCB har været anvendt teknisk i plastik- og elektronikindustrien. De besidder de samme egenskaber som de klorerede pesticider hvad angår miljøspredning og akkumulering. I løbet af 70'erne indførtes reguleringer af brugen. Den humane belastning med PCB er dalet i industrilandene, mens der ikke endnu kan siges noget om tendensen i Arktis. Dette skyldes, at der ikke findes tidligere analyser til sammenligning med det aktuelle niveau. Det må dog anses for sandsynligt, at disse meget persistente forbindelser endnu i årtier vil være en alvorlig belastning af arktiske folk da transporten i fødekædesystemet foregår meget langsomt.

Som fedtopløselige stoffer passerer PCB placentbarrieren, og fostre belastes i relation til moderen. Epidemiologiske undersøgelser fra USA har påpeget en mulig skadelig påvirkning af børn som følge af belastning under fosterudviklingen i form af lav fødselsvægt og mindre hovedomkreds. Der er endvidere antydning, at der kan være tale om en nedsat kapacitet af immunforsvaret. Ligesom toxafenstofferne er der nogle PCB, der lettere omsættes end andre, især 3 kongener (IUPAC nr. 138, 153 og 180) er særligt modstandsdygtige, hvorfor en PCB belastning via føden resulterer i en karakteristisk profil, som vist i figur 19.

I grønlandske humane prøver er det fundet at PCB'erne er de klorerede forbindelser der optræder i højeste koncentrationer fulgt af DDT og dets nedbrydningsprodukt DDE, mens det modsatte forhold går sig gældende hos sæler. Dette skyldes at forskellige pattedyrarter har forskellig kapacitet til at nedbryde fremmedstoffer, idet sammensætningen af P<sub>450</sub> enzymer er forskellig. Mennesker er således bedre til at nedbryde DDT end sæler er, mens sælerne bedre kan omsætte PCB end mennesker kan. På grund af menneskers begrænsede evne til at omsætte PCB er det den stofgruppe, der giver anledning til størst bekymring i relation til sundhedseffekter hos mennesker.

**Tabel 7.**  
**PCB niveau i blod i forskellige grønlandske områder i relation til canadiske grænseværdier angivet som procent af personer der overskrider de tre grænseværdier.**

Distrikt	>1.9 µg/l PCB Niveau for bekymring gravide	>7.4 µg/l PCB Niveau for bekymring voksne	>37 µg/l PCB Aktions niveau
Scoresbysund, mænd (n=15)		93%	60%
Vestkyst, mænd (n=46)		60%	0%
Tassiilaq, kvinder (n=10)	100%	60%	0%
Vestkyst, kvinder (n=175)	93%	37%	0%

Der er yderligere påvist en betydelig geografisk variation i den humane PCB belastning i Grønland, således at de højeste koncentrationer findes i Østgrønland og de laveste i Nuuk-området. Dette er parallelt til hvad der er fundet i fangstdyrene. Human belastning følger dog ikke nøjagtigt dyrenes belastning, men er også influeret af livsstilsfaktorer, først og fremmest spisevaner.

I tabel 7 er angivet hvor mange af de undersøgte i forskellige distrikter der har PCB koncentration der overskrider forskellige grænseværdier der er gældende i Canada. Det fremgår af tabellen at 60% af de undersøgte mænd i Scoresbysund overskrider det niveau hvor en aktiv indsats for at nedbringe belastningen er påkrævet, samt at samtlige undersøgte kvinder i Amassaliik overskrider det niveau, der giver anledning til bekymring for gravide kvinder og at der også i Diskobugt-området er en betragtelig overskridelse af dette niveau. Disse fund peger på, at det er nødvendigt at der udarbejdes en strategi for kostvejledning for gravide kvinder i Grønland.

En biostatistisk granskning har påvist en signifikant sammenhæng mellem rygning og belastningsniveauet med klorerede forureningsstoffer<sup>9</sup>. Dette kan forklares med at de fremmedstof metaboliserende enzymer (P<sub>450</sub>) hos rygere er belastede således

<sup>9</sup> Deutch B. og Hansen J.C. 1999. High Blood Levels of Persistent Organic Pollutants are Statistically correlated with smoking. *Int. J. Circumpolar Health* 58, 212-217.

at kapaciteten til at omsætte de klorerede forbindelser fra maden er nedsat og at de følgerig ophobes.

Denne teori om en sammenhæng mellem fremmedstofbelastning og rygninger for tiden under afprøvning. Viser det sig at holde stik er et første skridt i en strategi for nedbringning af belastningen med kontaminanter en kampagne for rygestop hos gravide kvinder.

### **Dioxiner og furaner**

Dioxiner og furaner er organoklorforbindelser, der opstår ved forbrænding af organisk materiale og som biprodukt ved visse kemiske synteser. Dioxin kom først til offentlighedens kendskab ved et udslip fra en kemisk fabrik i Norditalien, hvor befolkningen i byen Seveso blev kraftigt påvirket. Stoffet er derfor ofte refereret til som Sevoso-giften. Som de øvrige grupper af stoffer er dioxiner og furaner to grupper af beslægtede stoffer med varierende antal kloratomer i varierende positioner. Dioxiner og furaner har formler som vist i figur 20.

Dioxinstofferne har ikke samme toksicitet. Det mest giftige er Seveso-giften (tetrachlor-dioxy-dibenzen), men andre i gruppen har et potentiale, der er indtil 1000 gange mindre. For at være i stand til at udtrykke et samlet mål for en given blandingsbelastning anvendes ækvivalensfaktorer. Den mest giftige, Seveso-giften, sættes til 1, mens en congener der er 100 gange mindre giftig, tillægges en faktor på 0,01, og en der er 1000 gange mindre giftig får en faktor 0,001. Ved at gange disse faktorer med koncentrationen af de individuelle kongener kan man få en samlet vurdering af det toksiske potentiale. Koncentrationen opgives samlet i en koncentration af toksiske ækvivalenter TEQ. Nogle af PCB stofferne har dioxinlignende effekt, og ækvivalenssystemet anvendes også på disse.

Akut påvirkning med dioxiner giver hudsymptomer i form af cloracne. Ved langtidspåvirkning i lavkoncentrationsområdet ses en antiøstrogen effekt. Dioxiner betragtes ikke som direkte carcinogener, men som co-carcinogener.

Dioxiner er ikke så stabile i naturen som PCB, idet de i luft og på jordoverfladen undergår fotokemisk nedbrydning og følgerig ikke spredes så langt som mere persistente komponenter. I overensstemmelse hermed er PCB det væsentligste bidrag til den totale TEQ mængde i fedtvæv hos arktiske folk - som vist i figur 21. Total TEQ belastningen hos grønlandere er blandt de højeste ikke erhvervsmæssige belastninger, der nogensinde er vist.



### **Fælles karakteristika for organoklorbelastninger**

Organoklorforbindelser er fedtopløselige og absorberes let. Nogle af stofferne metaboliseres relativt let i den dyriske organisme, mens andre er meget stabile. I Arktis sker belastningen af mennesker næsten udelukkende via kosten, og følgelig vil det primært være de unedbrydelige forbindelser, der optages, hvilket betyder, at der ved en konstant livslang belastning fra fødevarer sker en akkumulering i organismen.

Organoklorforbindelsen deponeres i fedtvæv, uden at indgå i kemiske forbindelser som metallerne gør. De vil derfor til stadighed kunne mobiliseres fra fedtvævet. Fedtvævs-koncentrationen vil afhænge af den daglige indtagelse og af fordelingsrummet. Da kvinder har et relativt større fedtdepot end mænd og formodes at indtage samme fødemængde pr. kg. legemsvægt som mænd af fødevarer med samme organoklor-koncentration, vil kvinder generelt have lavere depotfedt-koncentrationer end mænd.

Hertil kommer, da organoklorforbindelsen fordeler sig nogenlunde jævnt mellem de forskellige fedtfraktioner, at kvinder har en udskillelsesvej mere end mænd, nemlig amning. Dette betyder en belastning af det diende barn. I Danmark er det vist, at spædbørns belastning kan overskride den grænseværdi, der gælder for voksne som tolerabel daglig indtag. Alligevel tilrådes amning ud fra den betragtning, at barnet vokser så hurtigt, at der sker en fortynding, samt at belastningen er begrænset til de få måneder ammeperioden strækker sig over. Da fostre imidlertid også er påvirkede på grund af placentapassagen, bliver det sammen med ammeperioden dog en betragtelig tid. Da belastningsniveauet i Arktis er det højest konstaterede er det et område, der bør nøje observeres.

På grund af organoklorforbindelsernes specielle kemiske egenskaber er der beklageligvis ikke store muligheder for forebyggelse på kostvejledningsområdet. Kvinden har allerede ved graviditetens begyndelse en kropsbelastning, der kan mobiliseres og påvirke fostret og som kan udskilles i mælkefedtet.

Canadiske overvejelser om mulige kostomlægninger har resulteret i, at man ikke kan reducere det daglige organoklorindtag uden, at det samtidig går ud over tilførslen af essentielle næringsstoffer og konklusionen blev, at der ikke fra et videnskabeligt synspunkt kan ydes en effektiv kostvejledning.

Det kan dog i den forbindelse overvejes, om der allerede fra skolealderen kan gives en vejledning til piger, således at de fedtrigeste fødevarer fra de øverste fødekædeled undgås. Også til drenge kan det være relevant at give de samme råd, hvis

der viser sig at være holdt i, at organoklorbelastningen kan have betydning for en forringet sædkvalitet og nedsat fertilitet.

**Tabel 8.**  
**Grænseværdier for organoklorforbindelser**

Kontaminant	Akudødelig dosi ved oral indtag (LD <sub>50</sub> ) mg/kg legemsvægt	Humant carcinogenicitet	Acceptabel tolerabel indtag gennem fødevarer (µg/kg legemsvægt/dag)
DDT	113	muligvis	20
DDE	880	ingen data	20
Toxafen	80-90	muligvis	0,2
Dioxin	0,022-0,340	muligvis	0,00001
Furaner	ingen data	ingen data	0,00001
Mirex	365-3000	muligvis	0,07
Chlordan	127-430	ikke klassificeret	0,05
Heptachlor	71	ikke klassificeret	0,1
HCH	88	muligvis	0,3
PCB	1010-4250	sandsynligvis	1,0
HCB	1.000-10.000	muligvis	0,27
PAH (benzo[a]pyren)	ingen data	sandsynligvis	ingen data

Disse råd vil gå i retning af en anbefaling af en kostændring bort fra det traditionelle forbrug af kød og organer fra marine pattedyr og visse fugle, med større vægt på andre arter som fisk og landdyr. Forandringerne vil betyde alvorlige kulturelle og sociale forandringer og må, før de føres ud i livet, være baserede på verificerede, videnskabelige undersøgelser, der omfatter effektstudier af den samlede kontaminantblanding og mulige interaktion med essentielle næringsstoffer.

Grænseværdi for organochlorforbindelser er anført i tabel 8.

# Den traditionelle kosts fordele

*Når jeg spiser Inuit mad, ved jeg hvem jeg er,  
jeg føler samhør med vores hav og med vores land,  
med vores folk og vores måde at leve på.  
Ingmar Egede*

Den traditionelle grønlandske kost har naturligvis stor betydning lokalt på grund af de kulturelle og sociale aspekter forbundet hermed. Omverdenens interesse for grønlandsk kost opstod i 70'erne. Dels fordi der i løbet af de seneste årtier er opstået en erkendelse af, at der er en sammenhæng mellem ernæring og sundhed i form af at optimal tilførsel af visse næringsstoffer i den rette balance kan være sygdomsforebyggende, og dels fordi to danske læger, Bang og Dyerberg, på det tidspunkt fremsatte deres hypotese om de marine langkædede polyumættede fedtsyrers beskyttende effekt på ischæmisk hjertesygdom.

Deres hypotese er senere uddybet og har ført til udvikling af et enormt marked for marint fedt som kosttilskud. Det må i denne forbindelse understreges, at senere kontrollerede undersøgelser i form af interventionsstudier ikke entydigt har støttet teorien.

Da det imidlertid i en række epidemiologiske undersøgelser, er påvist, at befolkningsgrupper med et højt indtag af kost af marin oprindelse har lavere prævalens af hjerte-karsygdomme end befolkninger med en overvejende terrestrisk betinget kost, kan det tyde på, at der er andre kostfaktorer, der også har indflydelse.

Dette støttes af, at der også i Middelhavsområdet er påvist lavere hyppighed af hjerte-karsygdomme. Man har derfor fremsat som hypotese, at olivenolie (monoumættet fedt) og vin kan være af betydning. Den stadig eksisterende usikkerhed om det beskyttende princip peger på, at det ikke skal søges i en enkelt kostkomponent, men at flere faktorer virker i samspil. Derfor er det balancen mellem næringsstoffer i den samlede kost, der skal bedømmes.

## Grønlandsk kosts historie

Den grønlandske kost har ændret sig med tiden såvel kvantitativt som kvalitativt. Helms har sammenlignet typisk kostindtag for en 26-årig mand i 1936 og 1988 og

fandt, at vægtmæssigt indtoges kun  $\frac{3}{4}$  af det, der blev spist i 1936. Energimængden dalede til  $\frac{2}{3}$ . Forskellen mellem total indtag og energimængde skyldes et fald i fedtindtag og øget kulhydratindtag. Den kvalitative ændring ses i tabel 9.

Baseret på en bredere befolkningsundersøgelse i Østgrønland har Helms foretaget en sammenligning mellem grønlandsk og dansk kost, som det ses i tabel 10.

Af de i tabellen angivne næringsstoffer har grønlandsk kost højere indhold end dansk protein, niacin, B<sub>2</sub>, B<sub>12</sub>, jern og jod og lavere indhold af vitamin D og C, folater og calcium. Iflg. Helms data er der i grønlandsk kost en meget lav dækningsprocent for vitaminerne D, E, C og folater. Hvad vitamin D angår er det næppe så lavt som Helms angiver, idet fed fisk f.eks. hellefisk er en meget rig vitamin D kilde.

**Tabel 9.**  
**Næringsstofindtag i 1936 og 1988 pr. 10 MJ (megajoule)**

Næringsstof	1936	1988	Ændring i %
Protein (g)	23,5	9,2	- 61
Fedt (g)	14,5	12,3	- 15
Kulhydrat (g)	2,9	23,2	+ 700
Vitamin C (mg)	7,0	10,1	+ 44
Calcium (mg)	26,0	154,3	+ 493

Beregnet på data fra P. Helms, *Atuisoq* 1988 no. 4, 7-8.

**Tabel 10.**  
**Sammenligning af kostens kvalitet i et decideret grønlandsk fangersamfund og Danmark**

Næringsstof	Indhold pr. MJ <sup>10</sup>			Dækning procent	
	GRL	DK	Normer	GRL	DK
<b>Fedt (g)</b>	7,5	10,5	8,5	88	124
<b>Kulhydrat (g)</b>	21,0	26,7	33,0	64	81
<b>Protein</b>	16,2	6,5	7,0	231	93
<b>Vitaminer</b>					
<b>Vit. A (µg)</b>	111	92	100	111	92
<b>Vit. D (µg)</b>	0,2	0,5	1,3	15	38
<b>Vit. E (mg)</b>	0,7	0,9	1,3	54	69
<b>Vit. C (mg)</b>	1,2	7,3	6,0	20	122
<b>Niacin ekv. (mg)</b>	7,2	2,4	1,7	424	141
<b>Vit. B<sub>1</sub> (µg)</b>	166	155	140	119	111
<b>Vit. B<sub>2</sub> (µg)</b>	372	205	170	219	121
<b>Vit. B<sub>6</sub> (µg)</b>	175	160	235	74	68
<b>Vit. B<sub>12</sub> (µg)</b>	1,7	0,8	0,3	566	267
<b>Folater (µg)</b>	3,5	7,1	40	9	18
<b>Mineraler</b>					
<b>Calcium (mg)</b>	65	114	100	65	114
<b>Jern (mg)</b>	8,5	1,4	1,7	500	83
<b>Zink (mg)</b>	1,6	1,1	1,7	90	62
<b>Fosfor (mg)</b>	153	115	100	153	115
<b>Jod (µg)</b>	149	9,3	13	1145	72

Kilde: P. Helms upublicerede data

<sup>10</sup>MJ: megajoule = 1000000 joule.

## De enkelte næringsstofgrupper

### Fedt

Fedt er den næringsstofgruppe, i den grønlandske kost man ved mest om, som følger af den interesse, der har været omkring de marine oliers beskyttende effekt på udvikling af hjerte-karsygdomme.

Fedtsyrer betegnes i henhold til længden af kulstofkæden og indholdet af dobbeltbindinger. En mættet fedtsyre f.eks. stearinsyre betegnes som 18:0, hvilket angiver 18 kulstofatomer og 0 dobbeltbindinger. Oliesyre, der er monoumættet angives som 18:1 n-9, altså en kæde på 18 kulstofatomer med 1 dobbeltbinding i position 9 (se figur 22). Positionen for dobbeltbindingen tælles bagfra, fra methylgruppen derfor n (antal kulstofatomer) minus 9. Hvad angår polyumættede fedtsyrer er der to familier, n6 og n3, hvor den første dobbeltbinding er placeret i henholdsvis 6 og 3 positionen (se figuren).

I planteriget er det fedtsyrer med 18 kulstofatomer (samt den mættede 16:0 palmitinsyre) der dominerer, så som oliesyre 18:1 n-9, linsyre 18:2 n-6 og hos visse planter, raps og hør, linsyre 18:3 n-3. Når dyr spiser planter vil de umættede fedtsyrer omdannes idet kulstofkæderne forlænges og der tilføjes flere dobbeltbindinger (se figur 23).

Derfor er de langkædede fedtsyrer 20-22 dominerende i dyreverdenen. Generelt er n-6 polyumættede fedtsyrer karakteristiske for landplanter, mens n-3 syrer hovedsageligt findes i det marine miljø.

**Tabel 11.**  
**Mættet, monoumættet og polyumættet fedtsyrer som procent af total fedt i grønlandsk og dansk kost**

Fedtsyrer	Grønlandsk kost	Dansk kost	G/L/DK
Mættet	33,7	52,7	0,6
Monoumættet	56,6	34,6	1,6
Polyumættet	9,7	12,7	0,8
Polyumættet n-6	4,8	10,0	0,5
Polyumættet n-3	4,9	2,7	1,8

*Hansen, J.C., H. Sloth Pedersen og G. Mulvad. Fatty acids and antioxidants in the Inuit diet. Their role in Ischemic Heart Disease (IHD) and possible interactions with other dietary factors. A review. Act. Med. Res. 53:4-17, 1994.*

Grønlandsk kost adskiller sig, hvad angår fedt, kvalitativt fra dansk kost som vist i tabel 11.

Det bemærkes, at totalmængden af polyumættet fedt er lavere end i dansk kost, men adskiller sig ved i grønlandsk kost at være domineret af n-3 fedtsyrerne, mens n-6 syrerne dominerer i dansk kost. Den grønlandske koster høje indhold af monoumættet fedt er også bemærkelsesværdigt. I en vestlig kost er den dominerende monoumættede fedtsyre oliesyre (18:1 n-9), typisk forekommende i olivenolie og avokadofrugt, mens det er andre typer af monoumættet fedt, der er tilstede i marine fødevarer som gadolsyre (20:1) og cetoleinsyre (22:1), jfr. tabel 12.

I planteverdenen findes en 22:1 monoumættet syre, erukasyre, som er særlig karakteristisk for rapsolie. Erukasyren er beskrevet som cardiotoksisk, hvorfor der i EU er fastsat en maksimum grænse på 5% for denne fedtsyre i rapsolie. Der foreligger ikke undersøgelser om en mulig effekt af den marine 22:1 cetoleinsyre.

Monoumættet fedt, oliesyre, har indtil for nylig været anset som neutralt fedt, men en række undersøgelser har vist, at der kan være en positiv effekt af oliesyre, når denne erstatter mættet fedt i kosten.

En kolesterol nedsættende effekt af monoumættet fedt er tvivlsom, men der synes at være en gunstig effekt på glucosetolerance, og endelig kan monoumættet fedt være gavnligt ved, at det er mindre udsat for oxidation end de polyumættede syrer (dette beskrives senere). Indtil videre findes ingen undersøgelser over gavnlig effekt af marine monoumættede fedtsyrer.

**Tabel 12.**

**Indhold af individuelle fedtsyrer i grønlandsk og dansk kost som procent af total fedt.**

	Fedtsyrer	Grønlandsk kost	Dansk kost	GRL/DK
Palmitolsyre	C16:1	13.5	3.8	3.6
Oliesyre	C18:1	29.7	29.2	1.0
Gadolsyre	C20:1	6.9	0.4	17.3
Cetoleinsyre	C22:1	4.6	1.2	3.8
Selacholsyre	C24:1	1.9	0	
Eicosapentaensyre	C20:5	2.3	0.4	5.8
Dokosahexaensyre	C22:6	2.2	0.3	7.3

Hansen, J.C., H. Sloth Pedersen og G. Mulvad. *Fatty acids and antioxidants in the Inuit diet. Their role in Ischemic Heart Disease (IDH) and possible interactions with other dietary factors. A review. Act. Med. Res. 53:4-17, 1994.*

**Tabel 13.**

**Relativ forekomst af forskellige fedttyper hos forskellige marine dyr**

Dyr	Mættet fedt %	Monumættet fedt %	Polyumættet fedt %
Torsk <sup>1)</sup>	20	15	65
Laks <sup>1)</sup>	19	32	49
Hellefisk <sup>2)</sup>	16	74	10
Ringsæl <sup>2)</sup>	11	55	34
Hvidhval <sup>2)</sup>	14	64	22
Narhval <sup>3)</sup>	12	80	8

<sup>1)</sup>Data fra Levnedsmiddelstyrelsen, levnedsmiddeltabeller.

<sup>2)</sup>Data fra Aarhus Oliemølle.

<sup>3)</sup>Data fra Innis og Kuhnlein, 1987. *The fatty acid composition of Northern - Canadian marine and terrestrial mammals. Acta Med. Scand. 222:105-109.*

I starten, efter at hypotesen om de marine olier blev fremsat, fokuseredes der udelukkende på n-3 polyumættede syrer og n-3 syrerne blev synonym med fiskeolie og



marine olier i videre forstand. Dette er i overensstemmelse med at fedt fra nogle fisk helt domineres af n-3 syrerne. Det gælder dog ikke alle marine dyr. Som det ses i tabel 13 findes der mest monoumættet fedt i hellefisk og hval, sæl indtager en mellemposition.

Selv om der er et rimeligt godt kendskab til fedtsyresammensætningen i grønlandsk kost, er der stadig et stort behov for at kende sammensætningen i de forskellige arter af fisk og havpattedyr, samt i fugle, fra hvilke der til dato ikke findes målinger.

### **Omsætning af fedtsyrer**

Grundformerne af de to familier af polyumættet fedt repræsenteres ved de to plantefedtsyrer linolsyre (18:2 n-6), der er dominerende i planteverdenen og linolensyre (18:3 n-3), der forekommer i visse planter, som hør og raps. Ved indtagelse absorberes de og omsættes ved at kulstofkæden forlænges fra 18 til 20 kulstofatomer (elongering) og der indsættes flere dobbeltbindinger (desaturering). Omsætningen af de to familier er vist i figur 23.

I planter er det syrer med 18 kulstofatomer der er karakteristiske, mens det i dyriske organer er 20 kæder der dominerer fra n-6 familien arachidonsyre (AA) og fra n-3 eicosapentaensyre (EPA) i cellemembranens fosfolipider.

Molekyler med mange dobbeltbindinger iltes let, harskning, hvorved der dannes lipidhydroperoxider, der er giftige for cellerne. Det er derfor vigtigt, at fedtsyrerne beskyttes af antioxidanter. I cellemembranen beskyttes fedtsyrerne af det selenholdige enzym fosfolipid glutathione peroxidase ( $\text{PGSH}_{\text{px}}$ ) og Vitamin E.

Såvel AA som EPA kan enzymatisk omdannes til prostacycliner (ved cyclooxygenase),  $\text{LTB}_4$  og leukotriener (ved lipoxygenase) som vist i figur 24.

Fra AA dannes prostaglandiner, der betegnes som  $\text{PG}_2$  og  $\text{LTB}_4$ . De tilsvarende produkter fra EPA betegnes  $\text{PG}_3$  og  $\text{LTB}_5$ .

Prostaglandiner kan betragtes som lokal hormoner, med meget kort levetid, der regulerer en række funktioner herunder blodkoagulation og karrtonus som vist i figur 25.

Leukotriener har betydning for regulering af det inflammatoriske respons.  $\text{LTB}_4$  er et kraftigt virkende proinflammatorisk stof.

### Hypoteser om n-3 syrernes effekter

Den oprindelige teori fremsat af Bang og Dyerberg om hvorfor n-3 syrer beskytter mod hjerte-karsygdomme baseredes på at prostaglandiner af 2 og 3 typen har forskellige virkninger. Prostaglandiner  $PGI_2$  har samme effekt som  $PGI_3$ , mens Tromboxan  $TBA_2$  er mere proaggregatorisk end Tromboxan  $TBA_3$ . Med  $PGI_3$  mod  $TBA_3$  vil ligevægten som vist i figur 25 forskydes mod venstre resulterende i lavere tendens til blodprop og lavere blodtryk. Dette er foreneligt med observationen, at blødningstiden hos Inuit er lang sammenlignet med f.eks. danskere.

En anden teori går ud på, at cyclooxygenase enzymet (jfr. figur 24) har præference for fedtsyre af n-6 typen fremfor n-3.

Med et stigende antal n-3 fedtsyrer i cellemembranen vil arachidonsyreomsætningen, og dermed prostaglandinsyntesen dæmpes. Cyclooxygenaseaktiviteten reguleres af tilstedeværelse af oxiderende molekyler i cellen. Ved et relativt lavt niveau af iltende molekyler starter omsætningen af AA, mens der kræves betydeligt højere iltningsniveau for at enzymet omsætter EPA. Hermed understreges igen betydningen af antioxidanter. Det første led i lipoxygenaseomsætningen (jfr. figur 24) er dannelsen af HPETE (hydroperoxyeicosatetransyre) - et iltende molekyle. Det omdannes delvist via enzymet glutathion peroxidase (selenholdigt) til en neutral alkohol (HETE), herved reguleres syntesen af leukotriener og dermed de inflammatoriske processer. Dette er baggrunden for selens antiinflammatoriske egenskab. Ved lipoxygenaseomsætning dannes leucotriener ( $LTB_5$ ), der er meget mindre proinflammatorisk end  $LTB_4$ . Dermed kan fedtsyreomsætningsmønstret også influere på det inflammatoriske respons.

En teori om polyumættet fedts beskyttende effekt på hjerte-karsygdomme er, at de nedsætter kolesterol, specielt "farligt" LDL (low density lipoprotein), og dermed nedsætter risikoen for sygdom. En kolesterolnedsættende effekt af n-3 syrer har ikke entydigt kunne påvises i kontrollerede forsøg. Sandsynligvis sker det kun, hvis de erstatter mættet fedt. Dette stemmer med, at en lav kolesterolkoncentration er observeret i befolkninger med højt indtag af fisk, men ikke i alle interventionsforsøg, hvor rene præparationer af n-3 fedtsyrer er givet som tilskud.

Igen tyder det på, at det er totalkostens sammensætning snarere end enkeltkomponenter, der er afgørende. Når totalfedtindtaget er relativt lavt har n-3 fedtsyrer den egenskab, at de hæver HDL kolesterol (det gode kolesterol). En ret konstant observation i interventionsforsøg er dog, at marint fedt har en triglycerid nedsættende

effekt. Da højt serum triglycerid er en risikofaktor, må det konkluderes, at på dette område har n-3 syrerne en egen effekt, som virker positivt beskyttende.

Ved fremkomsten af oxidationshypotesen er der er i løbet af de seneste år blevet rokket ved teorien om højt serumkolesterol (total og LDL), som en risikofaktor for iskæmisk hjertesygdom (IHD). Oxidationshypotesen bygger på den iagttagelse, at hvilende monocytter i karvæggen ikke besidder receptorer for LDL, men kun for oxideret LDL. Betingelsen for udvikling af skumceller, der er det første led i den aeteromatøse proces er dermed, at der sker en iltning af LDL. Det er derfor ikke alene mængden af LDL kolesterol, der er en risikofaktor, men i lige så høj grad muligheden for at det iltes, der er afgørende for risikograden.

Dermed har vi igen antioxidanterne inde i billedet. Der er flere epidemiologiske undersøgelser, der peger på en beskyttende effekt af diverse antioxidanter. Der er dog også studier, der ikke viser denne effekt. Dette kan hænge sammen med, at i befolkningsundersøgelser, hvor man sammenligner den del der har højest antioxidant indtag, med den der har lavest, ikke nødvendigvis har mangel på antioxidanter i den befolkningsgruppe, der har det laveste indtag og dermed, at der ikke observeres forskelle.

Det kan konkluderes, at de marine fedtstoffer i sig selv har nogle egenskaber, der gør dem værdifulde som næringsstoffer, men at deres vigtigste effekt er et samspil med andre næringsstoffer, først og fremmest antioxidanter og andre fedtstoffer, dels som erstatning for mættet fedt og dels som konkurrenter til n-6 fedtsyrerne.

Som følge heraf forekommer det rimeligt at antage, at det ikke kun er den absolutte mængde af n-3 syrer i kosten, der er afgørende, men også n-6/n-3 forholdet, der er afgørende for, hvilke effekter der opnås.

Historiske kostundersøgelser har vist, at det sandsynlige forhold i middelalderen og før har været en n-6/n-3 ratio omkring 1, der kan anses som optimal. Senere er ratioen steget og er i de fleste vestlige lande mellem 10 og 20, mens der i en typisk traditionel grønlandsk kost er omkring 1 eller derunder.

Forhøjet serum total kolesterol d.v.s. over 6,5 mmol/l må dog stadig anses for en risikofaktor for IHD. Meget lavt serumkolesterol (< 4,5 mmol/l) er sat i forbindelse med øget risiko for apoplexi og muligvis visse cancerformer. Det optimale kolesterol er derfor værdier imellem 4,5 og 6,5 mmol/l.

## Protein

Den grønlandske kost giver en rigelig forsyning med protein (jfr. tabel 10), men i modsætning til fedt vides der kun forsvindende lidt om proteinsammensætningen i grønlandske fødevarer, idet der ikke er foretaget analyser af aminosyresammensætningen, hverken i sæl-, hval- eller fuglekød.

Det er i høj grad ønskeligt, at denne mangel afhjælpes, således at indtag af de essentielle aminosyrer kan bedømmes. Især må de svovlholdige aminosyrer cystein og methionin anses for betydningsfulde i grønlandsk sammenhæng, dels fordi disse aminosyrer er vigtige led i det antioxidative forsvar, og dermed for omsætning og afgiftning af fremmedstoffer, dels fordi de svovlholdige aminosyrer bindes til tungmetallerne kviksølv og cadmium, hvorved de inaktiveres.

Kendskab til indtag af disse aminosyrer kan dermed bidrage til risikovurdering af belastning med tungmetaller og andre xenobiotica. Ligesom det kan bidrage til at belyse problematikken om forhøjet blodtryk hos grønlandere, idet de svovlholdige aminosyrer indgår i regulering af de blodtryksregulerende hormoner.

## Kulhydrater

Den traditionelle grønlandske kost giver en lav forsyning med kulhydrat (jfr. tabel 9 og 10). Nutidens kostråd er at øge kulhydratmængden på bekostning af fedt, hvorved energimængden nedsættes (1 gram fedt indeholder 40 kJ<sup>11</sup>, mod 15 kJ i 1 gram kulhydrat). En sådan anbefaling virker fornuftig i den vestlige verden, hvor fedme et er stigende problem, men ville næppe have været hensigtsmæssigt i en grønlandsk fangerbefolkning, hvor hårdt arbejde i koldt klima har stillet krav om et højt energiniveau i kosten. Dette viser, at de sundhedsvejledninger, der udvikles i den vestlige verden ikke uden videre kan generaliseres til at gælde under alle forhold, men skal tilpasses lokale behov. Dette er vigtigt at erindre sig, idet der er en tilbøjelighed til, at industrilandenes normer betragtes som autoritære og med universal gyldighed.

Med ændret livsmønster i Grønland, hvor flere og flere får stillesiddende arbejde, kan der dog være god grund til overvejelser over, hvad der bør anbefales. Med den stigende fødevarerimport er gennemsnitsindtaget steget siden Helms beregninger blev foretaget i 1936 og 1945.

<sup>11</sup> *KJ = kilojoule = 1000 Joule.*

## Vitaminer

Ifølge Helms' beregninger som vist i tabel 10 er der problemer i grønlandsk kost med hensyn til tilførsel af vitamin D, C og folater og delvis med vitamin E og B<sub>6</sub>.

Det skal i den forbindelse understreges, at beregningerne ikke er foretaget på vitaminindholdet i aktuelle grønlandske fødevarer, men er baserede på skøn over indholdet i beslægtede arter. Det er derfor ikke på nuværende tidspunkt muligt at foretage en realistisk vurdering af dækningen med vitaminer. Canadiske undersøgelser foretaget i Nunavik har vist, at D-vitamin behovet er dækket gennem spisning af fjeldørreder. Da fisk er en væsentlig kilde til D-vitamin er Helms konklusion om lav D-vitamin tilførsel gennem grønlandsk kost næppe holdbar. Også på vitaminområdet er det en forudsætning for at kunne foretage kostvurdering og give kostråd, at der etableres en fødevetabel for Grønland, der er baseret på analyser af aktuelle fødevarer. Det er således af betydning, at få belyst om den af Helms angivne meget lave dækningsprocent for folater er reel, eller at visse grønlandske fødevarer giver tilstrækkeligt. Dette vil være meget vigtigt for rådgivning af gravide.

Historisk set har der været mest bekymring om den lave C-vitamin tilførsel, som man mente lå nær skørbugsgrensen, dog uden at der konstateredes tilfælde af denne mangelsygdom. C-vitamin indgår i den oxidative regulation og er dermed en vigtig antioxidant, der skal tilføres med kosten. Under visse omstændigheder kan C-vitamin dog fungere som en kraftig prooxidant, hvilket gælder ved meget høje jerndepoter. Jern såvel som kobber er i fri ionisk form kraftige prooxidative komponenter. Derfor reguleres de ved bindinger til protein, således at disse metaller i den normale organisme så godt som ikke findes i fri ionform. Når jerndepoterne fyldes op bliver bindingerne svarere, og vitamin C kan øge frigivelsen af frie ioner. En kombination af overfyldte jerndepoter og højt C-vitamin indtag kan blive fatal.

En undersøgelse af jernstatus foretaget i Thule lægedistrikt<sup>12</sup> viste, at 23% af befolkningen havde forhøjede jerndepoter. I en befolkning med et meget højt jernindtag kan et relativt lavt vitamin C indtag derfor være hensigtsmæssigt, og følgelig må indtagelse af C-vitamin i megadoser som kosttilskud frarådes.

Det høje indhold af B<sub>12</sub> vitamin i den grønlandske kost er interessant i sammenhæng med at den samtidig er rig på n-3 fedtsyrer, idet nye undersøgelser har vist at n-3 syrer, udover den før omtalte effekt på hjerte-karsygdomme, også har en gun-

<sup>12</sup> Milman N, B. Mathiassen, J. Bohm og J.C. Hansen. Serumferritin in a Greenlandic Inuit hunter population from the Thule district. *Arct. Med. Res.* 51:10-15, 1992.

stig effekt på menstruationsproblemer og at denne effekt forstærkes ved samtidig tilførsel af B<sub>12</sub> vitamin<sup>13</sup>

## Mineraler

Af mineraler eller essentielle sporstoffer er det især selen og jern, der gennem en årrække har påkaldt sig opmærksomhed, mens de andre sporstoffer har samme status som vitaminerne, men vi ved meget lidt om deres forekomst i grønlandsk kost.

I forbindelse med AMAP undersøgelserne blev der analyseret for zink, kobber og selen i blodserum hos gravide kvinder.

Zink og kobberkoncentrationen var i alle tilfælde indenfor normalområdet, hvorfor det kan antages, at der ikke er problemer forbundet med indtag af disse elementer.

Derimod fandtes selenkoncentrationerne i blodplasma hos gravide kvinder overraskende lave. Generelt er marin kost den vigtigste selenkilde og specielt for grønlandsk kost er mattak særlig rigt på selen, det kan indeholde helt op til ca. 10 mg/kg. Internationalt anbefales en daglig indtagelse mellem 50-200 mikrogram. 5 til 20 gram mattak dækker således et dagsbehov. Selenbehovet kan dermed meget let dækkes af grønlandsk kost og høje blodkoncentrationer er tidligere påvist ved undersøgelser såvel i Nord-, som Øst- og Vestgrønland.

AMAP undersøgelsens fund af relativt lave selenkoncentrationer hos gravide kvinder i Diskobugtområdet, må derfor give anledning til nogle overvejelser. Der findes ret få undersøgelser af selenstatus hos gravide, der er derfor en mulighed for, at der af rent fysiologiske årsager findes lavere koncentrationer hos gravide end hos ikke gravide.

En medvirkende årsag hertil kan være det øgede plasmavolumen under graviditet. Disse forhold vil blive gjort til genstand for nærmere undersøgelser. En anden årsag til de lave koncentrationer kan imidlertid også være, at unge kvinder er under indflydelse af kostråd fra ugeblade, der kan være trendsættende, således at deres kost fjerner sig fra det traditionelle mønster. Er dette en betydende medvirkende faktor, understreget det behovet for at der iværksættes en aktiv kostvejledning for at sikre optimal ernæring og dermed optimal fosterudvikling.

<sup>13</sup> Deutch B. et al 1999. Menstrual discomfort in Danish Women reduced by dietary supplements of omega-3 PUFA and B<sub>12</sub>. Nutrition Research (in press).

# Det miljømedicinske grundlag for kostanbefalinger

*Af en god Raadgiver venter vi,  
at han kun siger Sandheden,  
og at de er os behagelig.  
Jakob Paludan*

Det kan være vanskeligt at give kostanbefalinger, da det ofte vil kunne virke formynderisk og være i modsætning til den generelle udviklingstendens i et samfund. Ikke desto mindre kan det være nødvendigt fra officiel side at angive nogle hensigtsmæssige retningslinier baseret på de seneste forskningsresultater, især for et samfund som det grønlandske. Udviklingen her er siden 2. verdenskrig gået hurtigere end i mange andre lande, hvilket betyder, at de ydre påvirkninger har været kraftigere og dermed, at stabiliteten i udviklingen har været og er sårbar.

Kostvanerne er baseret på traditioner, men har også i de seneste årtier været påvirket af mode, reklamer og familieøkonomi. Ingen generation i nyere tid spiser på samme måde som den tidligere, fordi kulturen og samfundsstrukturen konstant er under ændring. I Grønland, hvor udviklingen er foregået så hurtigt, er der behov for at være opmærksom på, hvilken vej udviklingen går. Med oprettelsen af Grønlands Ernæringsråd er der etableret en ekspertise, der udover at registrere udviklingen også har til opgave at gribe ind med vejledning.

Dette er en væsentlig nyskabelse, idet mere generelle internationale rekommandationer ikke uden videre kan tilpasses ethvert samfund, men må udvikles på basis af et indgående kendskab til lokale forhold.

Et folks kostvaner er en del af dets kulturmønster, baseret på de nedarvede traditioner. Det er derfor vigtigt fra såvel et kulturelt som fra et ernæringsmæssigt synspunkt, at de grønlandske, traditionelle råvarer fortsat dominerer i den daglige madlavning.

Tilberedningsmetoder vil imidlertid i høj grad være influeret af tidens smag og de nuværende muligheder for anvendelse af importerede råvarer, således at disse indgår i den daglige kost. I denne forbindelse er det vigtigt, at professionelle kokke gøres interesserede i at udforske de grønlandske råvarers muligheder i udviklingen

af et moderne grønlandsk køkken af international standard, der kan have afsmitende virkning på den daglige madlavning i hjemmene. Udviklingen af et sådant grønlandsk køkken er allerede nået ganske langt på landets førende restauranter, men der mangler stadig at få budskabet formidlet direkte til den grønlandske borger i en form, der er anvendelig også i en almindelig husholdning.

Det er en åbenlys ernæringsmæssig fordel ved den øgede samhandel med omverdenen, at frugt og grøntsager nu er tilgængelige. Det er alment anerkendt, at frugt og grønt har forebyggende effekt for udvikling af visse cancerformer og derfor bør indgå i passende mængder i den daglige kost. Hermed opnås også, at fedtenergiprocenten kan holdes på et passende niveau. Traditionel grønlandsk kost var relativt fedtrig, ca. 40%, hvilket var hensigtsmæssigt for et folk, der havde hård fysisk arbejde i et koldt klima. I dag med effektiv boligopvarmning, og hvor en stigende del af befolkningen har stillesiddende arbejde, daler energibehovet, og det må anses for hensigtsmæssigt at regulere fedtenergiprocenten ned til et passende niveau. I Danmark anbefales der nu at holde den under 30%. Dette er imidlertid blevet tolket, som at fedtandelen skal længst muligt ned og mange mennesker lider af en veritabel fedtforskrækkelse, der i ekstreme tilfælde (< 20%) kan give problemer. En nylig afsluttet undersøgelse af marine olier i relation til menstruationsbesvær og hjertekarsygdomsrisiko har vist, at unge kvinders menstruationsbesvær kan relateres til ekstremt lavt fedtindtag<sup>14</sup>.

Fedtindtag kan relateres til kolesterol koncentration i plasma. Da højt kolesterol anses for en risiko faktor for udvikling af hjertekar sygdomme, anbefales det at holde kolesterol-koncentrationen lavest muligt, altså igen lavest muligt fedtindtag. Meget lave kolesterolværdier kan imidlertid relateres til øget apopleksi risiko. Da hjertekarsygdom er langt hyppigere end apopleksi og dermed af større samfundsmæssig betydning har det ikke haft indflydelse på anbefalinger om lavt fedtindtag.

Set fra et alment sundheds- og ernæringsmæssigt synspunkt forekommer det velbegrundet også at anbefale en nedre grænse for fedtindtag, der i Danmark bør være 25% af det totale energiindtag. For Grønland bør man dog igen tage hensyn til klimaforholdene, og her forekommer et fedtenergiindtag mellem 30 og 35% forekommer at være relevant.

<sup>14</sup> Deutch B. et al 1999: Menstrual discomfort in Danish Women reduced by dietary supplements of Omega-3 PUFA and B<sub>6</sub>. *Nutrition Research (in press)*.



Et passende indtag af total fedt gennem kost er vigtig, men det anerkendes nu, at kvaliteten af fedt sammensætning også er en betydende faktor. Mættet fedt som fås fra landlevende dyr har generelt kolesteroløgende egenskaber og kan relateres til øget cancer prævalens (måske kalorieffekt) og bør derfor begrænses i den daglige kost. Fra 50'erne har man anbefalet øget indtag af polyumættet, plante, fedt uden at skelne til typen af polyumættet fedt (n-6 og n-3). I de seneste år har man nået den erkendelse, at det snarere er forholdet mellem de to fedtsyrefamilier, der er af betydning end det er den absolutte mængde, der indtages.

Arkæologiske undersøgelser og analyser af potteskår har vist, at der i kosten hos præhistoriske mennesker var et forhold, n-6/n-3 omkring 1, der dermed kan anses som en norm for menneskers "naturlige" kost. Et forhold omkring 1 findes stadig i de traditionelle grønlandske fødevarer og i grøntsager. Den manglende erkendelse af betydning af forholdet mellem de to typer af polyumættet fedt, da man startede kampagnen om polyumættet fedt, har i den vestlige verden ført til et voldsomt stigende forbrug af n-6 holdige planteolier, således at der i fastfood er en ratio omkring 20, der selv ved et moderat totalt fedtindtag må betragtes som en ubalanceret fedtsammensætning, der kan have sundhedsmæssige konsekvenser.

I Grønland er der et særligt forhold, der gør sig gældende i denne sammenhæng. Inuit har gennem årtusinder haft en kost baseret på dyriske produkter, d.v.s. at polyumættede fedtsyrer i kosten har været i form af 20:4 og 20:5 fedtsyrer, mens andre befolkninger med et vegetabilsk kost grundlag hovedsagelig har indtaget polyumættet fedt i form af 18:2 og 18:3 syrer, som de findes i planteverdenen. Inuit har dermed ikke haft behov for de enzymer, der er ansvarlig for metabolisering af 18:2 til 20:4 og 18:3 til 20:5. Der er stigende evidens for, at der hos Inuit er en nedsat desaturase aktivitet, således at indtaget 18:2 fra spiseolie og margarine vanskeligt omsættes og dermed ophobes. Dette kan have uheldige følger, hvorfor der er grundlag for at advare mod stort indtag af disse næringsmidler.

Monoumættet fedt blev længe anset for at være neutralt fedt. Man er dog nu blevet klar over, at også denne form for fedt kan have gavnlige effekter. 18:1, oliesyre som er den dominerende i olivenolie har således vist sig at have gunstig effekt på glucose-tolerancen, og kan endvidere ved kun at indeholde 1 dobbeltbinding tænkes at sænke behovet for antioxidanter, sammenlignet med de polyumættede fedtsyrer med op til 6 dobbeltbindinger.

Den grønlandske kost har generelt et højt indhold af monoumættet fedt, specielt hellefisk. Den gavnlige effekt af fedtet i den grønlandsk kost kan opfattes som en kombinationseffekt mellem de mono- og polyumættede fedtsyrer af n-3 familien.

Kuhnlein og Receveur<sup>15</sup> har beskrevet kostændringer i arktiske befolkninger og analyseret årsager og konsekvenser. Det fremgår helt tydeligt heraf, at overlades udviklingen til at foregå upåagtet, kan det føre til øget sygelighed og dermed bl.a. øgede ressourcebehov fra sundhedsvæsenet. Kostvaner må som andre kulturelementer have samfundets opmærksomhed og udvikles i en hensigtsmæssig retning (jf. figur 26).

Som beskrevet i afsnittet om det Arktiske dilemma har den grønlandske kost også et indhold af forureningsstoffer, der giver anledning til bekymring. Forureningen, der er global, kan ikke fjernes, men ved aktiv politisk indsats kan produktion, brug og spredning af stofferne reduceres, og dermed kan koncentrationerne på langsig bringes ned i de fødekædesystemer, der leverer råvarer til den arktiske kost.

Følgelig må vi indtil videre acceptere tilstedeværelse af forureningsstoffer, og gennem realistiske kostråd mindske indtagelsen hos de mest udsatte grupper af befolkningen (børn og gravide). Grundlaget for sådanne råd er et grundigt kendskab til de koncentrationer, hvori forureningsstofferne forekommer i forskellige dyrskød og organer, som tjener til menneskeføde.

Det blev i AMAP rapporten konkluderet, at fordelene ved traditionel kost opvejer de potentielle risici forbundet med forureningsstoffers tilstedeværelse. Det har ikke været muligt at associere noget enkelt forureningsstof til sygdomsforekomst eller nedsat fertilitet. På denne baggrund kan man med rimelighed stille spørgsmål ved om kostanbefaling med henblik på at mindske belastning er nødvendig. Svaret er imidlertid et klart ja. Der er evidens for, at forureningsstoffer, især POP i eksperimentelle studier udviser immunsuppressiv effekt og hormon forstyrrende effekt. Dermed kan de være mulige cofaktorer ved cancerudvikling og nedsat fertilitet.

At epidemiologiske undersøgelser ikke giver et entydigt svar på effekter af forureningsstofferne kan skyldes, at de enkelte stoffer ikke kan anses som årsagsfaktorer, men er stressfaktorer, der indgår med forskellige vægtning i det samlede stressor kompleks i forskellige befolkningsgrupper (jf. afsnit om årsagsbegrebet).

At få indsigt i denne problematik er vanskeligt og forudsætter specifik forskning af kombinationseffekter med anvendelse af molekylærbiologiske metoder i laboratoriet til opstilling af mekanistiske virkningsmodeller og af biomarkører i befolk-

<sup>15</sup> Kuhnlein H.V. & O. Receveur: *Dietary Change and Traditional Food Systems of Indigenous Peoples. Annu. Rev. Nutr.* 1996, 16:417-442.

ningsstudier. Da vi således må konkludere, at et nuværende manglende bevis på effekt ikke er bevis på manglende effekt, er der god grund til at forsøge at beskytte de mest sårbare, der er fostre og spædbørn.

Baseret på den viden, der nu er til rådighed kan der opnås en begrænsning i POP indtaget ved at undgå at spise meget gamle dyr, idet der sker en ophobning i dyrene med alderen. Unge dyr må også formodes at give bedre kødkvalitet end gamle. Da kvinder kan videregive forureningsstoffer til fostrene fra deres egne depoter, er det også hensigtsmæssigt, at piger samt kvinder i den fødedygtige alder begrænser indtaget af havfugle og spæk (der rige på POP), samt at kvinder i den fødedygtige alder begrænser indtag af kød fra hvidhval og narhval for at reducere kvikslvindtagelsen.

Da det er vigtigt at opretholde en vel afbalanceret kost, må det også anbefales, at der jævnlige spises mattak, der er den absolut vigtigste kilde til selen, som i grønlandsk kost er den vigtigste antioxidant komponent. Dette vil ikke øge POP indtagelsen væsentligt, da indholdet i Mattak er betydeligt lavere end i spæk.

En kost baseret på grønlandske råvarer suppleret med et fornuftigt udvalg af importerede råvarer vil være i stand til at tilføje alle nødvendige næringsstoffer, vitaminer og mineraler, der er derfor ikke behov for at anvende kosttilskud. Brugt ukontrolleret i for store doser kan kosttilskud tværtimod have en negativ effekt, idet det skal erindres, at de anbefalede doser er baseret på danske forhold. I Grønland bør kosttilskud derefter forbeholdes særlige tilfælde, hvor et lægeligt skøn finder det indiceret.

Baseret på miljømedicinske og ernæringsmæssige overvejelser kan følgende punkter anføres til overvejelse ved udarbejdelse af en officiel ernæringspolitik for Grønland.

### **Generelle**

1. Grønlandske råvarer bør foretrækkes som basis fødeemner.
2. Grønlandske og importerede råvarer bør kombineres
3. Frugt og grøntsager bør, når de er tilgængelige, indgå i den daglige kost.
4. Fedtenergiprocenten mellem 30 og 35.
5. "Synligt fedt" bør undgås.
6. Spiseolier og margarine med højt indhold af n-6 fedtsyrer bør undgås, i stedet kan olivenolie anbefales.

## **Specielle**

1. Kød og organer fra unge sæler (3-6 år) bør foretrækkes
2. Piger og unge kvinder bør kun spise havfugle og spæk fra hvidhval og nævhal 1-2 x pr. md.
3. Kvinder i den fødedygtige alder bør kun spise kød fra narhval og hvidhval højst 1 x pr. md.
4. Spis jævnlige måltider
5. Kosttilskud (tabletter og kapsler) bør kun tages efter samråd med lægen.

# Konkluderende bemærkninger

*Den lille del af uvidenhed som  
vi kan opstille og klassificere, kalder vi viden.  
Ambrose Bierce*

AMAP rapporterne oplyser, at undersøgelser i Grønland demonstrerer høje belastninger fra kosten med toksiske fremmedstoffer, som kviksølv og organiske forureningsstoffer. Disse kan i større doser påvirke fertiliteten og fosterudviklingen, kan medføre nedsat immunforsvar og muligvis øge risikoen for udvikling af cancer. Samtidig rummer rapporterne en generel anbefaling om, uden begrænsninger, at fortsætte med at spise traditionel kost og at amme spædbørn. Dette kan forekomme som en selvmodsigelse, der kræver en nærmere analyse for at give mening.

Når AMAP rapporten kan nå denne konklusion er det baseret på følgende:

1. Det er sundt at spise traditionel grønlandsk kost,
2. Forureningsstoffer i det aktuelle mængder er, så vidt vides på nuværende tidspunkt, ikke farlige at spise.

Lad os se på præmisserne hver for sig. Om sundheden ved vi fra et videnskabeligt synspunkt, at traditionel grønlandsk kost giver rigelig forsyning af makronæringsstoffer, og at fedtfraktionernes sammensætning sandsynligvis beskytter mod f.eks. hjerte-karsygdommen, men at der endnu mangler viden om de betingelser, hvorunder det sker. Endvidere formoder vi, at traditionel grønlandsk kost giver tilstrækkelig forsyning med essentielle mikronæringsstoffer, men vi mangler konkret viden om, hvorvidt det er tilfældet eller ej. Videnskabeligt halter præmissen noget. Hvad vi imidlertid ved, med Ingmar Egedes ord, er at den grønlandske kost har en stor betydning som et kulturelt og socialt samlingspunkt.

Hvad angår farligheden af fremmedstofferne ved vi, at de ikke i nogen koncentration er gavnlige for sundheden. Vi ved fra dyreforsøg, at de har et toksisk potentiale, og vi formoder ud fra analogislutninger og fra epidemiologiske undersøgelser, at de muligvis kan have en negativ effekt på mennesker i de koncentrationer, hvori de nu forekommer. Det er derfor påkrævet, at der indføres restriktioner for at mindske belastningen, og at der foretages risikovurderinger og fastsættes tolerable daglige indtag med de formål, at forebygge at der opstår skader. Der findes imidlertid ikke sikre beviser på, at kontaminanterne i de nærværende niveauer udgør en reel sundhedsfare.

Der er således alvorlige videnskabelige usikkerhedsmomenter, der må gøres til genstand for fortsat afprøvning, således at sikkerheden forbedres gennem ajourføring af anbefalinger i takt med, at der erhverves øget viden om såvel kostens som forureningsstofferne indflydelse på menneskers sundhed.

Anbefalingen af at fortsætte med at spise traditionelt og at amme spædbørn er dog etisk forsvarlig udfra vores nuværende viden.

## **Indsats og Etik**

I løbet af de seneste årtier er offentlighedens bekymring om og opfattelse af sundhedsrisici i forbindelse med miljøpåvirkninger steget betydeligt. Skønt eksisterende data ikke er tilstrækkelige til fuldt ud at estimere sammenhængen mellem miljøkontaminanter og skadevirkning på sundhedstilstanden, er der en stigende erkendelse af, at der eksisterer en sammenhæng mellem belastning med visse kontaminanter og forekomst af sygdomme som cancer, reproduktive dysfunktioner, visse kroniske neurodegenerative tilstande, samt immunologiske og endokrine dysfunktioner.

Fra miljømedicinsk synspunkt udgør miljøet summen af de fysiske, kemiske, biologiske og samfundsmæssige faktorer, der påvirker mennesker. Påvirkningen foregår lokalt i hjem og på arbejdsplads, regionalt og på globalt plan (jfr. figur 3).

Miljøfaktorer kan påvirke menneskers sundhedstilstand såvel positivt som negativt, men måden påvirkningerne sker på, omfanget og konsekvenserne heraf, bliver meget ofte enten over- eller underestimerede. Det fører til fejlinformation af befolkningen og måske mere alvorligt til, at lovgivere og administratorer forsynes med forkerte beslutningsgrundlag.

Forståelse og kommunikation af sammenhænge mellem miljøkontaminanter og sygdomsforekomster er nødvendige forudsætninger for at formulere en effektiv sundhedspolitik. Som følge heraf er der et behov for at rejse en diskussion af grundlaget for en reel miljøinformatoin. Der er i den forbindelse 4 punkter, der må tages stilling til:

- identifikation af helbredseffekter forårsaget af miljøet.
- muligheden for at undersøge effekterne,
- grænseværdier,
- informationsstrategi.

Som tidligere diskuteret kræver en entydig identifikation af helbredseffekter forårsaget af forureninger i miljøet, at der kan etableres en årsagssammenhæng, hvilket endnu kun er muligt i meget få tilfælde. Multikausale sammenhænge er meget vanskelige at håndtere, men vores viden på dette område øges stadig. Sammenhængen mellem miljø og sundhed kan derfor kun udtrykkes med en vis grad af sandsynlighed. Det er forskernes opgave at foretage relevante risikovurderinger baseret på omhyggeligt planlagte studier.

I Arktis er epidemiologiske studier ofte af ringe værdi på grund af for små befolkningsstørrelser og deraf følgende ringe følsomhed. Der eksisterer verden over betydelige mængder af data, men på grund af mangel på en harmoniseret og koordineret metode til at analysere tilgængelige data, må det konstateres, at disse generelt udnyttes meget dårligt.

Moderne computerteknologier såsom geografiske informationssystemer (GIS) er værdifulde redskaber for tolkning af miljømæssige, demografiske, socioøkonomiske og sundhedsmæssige informationer indsamlet fra forskellige kilder. I miljømedicinsk sammenhæng er det mest lovende ved GIS dets mulighed for at evaluere rådata, hvorved der kan opnås øget forståelse af komplekse sammenhænge mellem forurening og sygdom.

Baseret på den hypotese, at der eksisterer en sammenhæng mellem sundhed/sygdom, livsstil og miljøfaktorer og ved at inkorporere disse faktorernes geografiske variationer i systemet, kan der opnås ny og værdifuld indsigt i sygdommenes årsagskomplekser. Dermed kan beslutningsgrundlaget for udformning af en sundhedspolitik forbedres. (For en detaljeret gennemgang af GIS henvises til en oversigtsartikel af U. Sunday Tim: The application of GIS in Environmental Health Sciences: Opportunities and Limitations *Environmental Research* 71, 75-88, 1995).

Da miljømedicinen er forebyggende medicin, er det ikke nok at registrere og vurdere sammenhænge mellem miljøpåvirkninger og manifest sygdom. Opgaven er fuldt ud ligeså meget at beskrive minimale biokemiske ændringer uden betydning for den aktuelle sundhedstilstand, de såkaldte biomarkører, der kan relateres til miljøpåvirkninger og dermed tjene som tegn på, at der foreligger en uønsket påvirkning. Denne form for studier er i fremmarch, stærkt hjulpet af de landvindinger, der er gjort indenfor molekylærbiologi og genetik.

Når denne type undersøgelser udføres på vævsprøver eller blod fra mennesker, opnås informationer om enkeltindivider af en meget følsom karakter. Naturligvis

skal de videnskabetiske krav være opfyldt i denne slags studier, men de rejser også et mere generelt etisk spørgsmål om begrundelsen for at iværksætte undersøgelser og om bæredygtigheden af den tilgrundliggende teori.

Grænseværdier er et administrativt redskab til at regulere omgang med og belastning med kemiske stoffer. De er fastsat på basis af dyreforsøg, og hvor mulighed byder sig, kombineret med erfaringer fra forgiftningstilfælde og de rummer en sikkerhedsfaktor. En beskedent kortvarig overskridelse af en grænseværdi er ikke ensbetydende med risiko for helbredseffekter. Grænseværdierne er imidlertid oftest baseret på forsøg med enkeltstoffer i ren kemisk form indgivet til forsøgsdyr. I naturen forekommer stofferne i en lang række forskellige bindingsformer, der vil påvirke såvel deres optagelighed i organismen som deres virkningsmekanisme. Desuden forekommer kemiske stoffer af mange forskellige arter samtidigt, og der er der mulighed for interaktion.

Af disse grunde er gældende grænseværdier ikke nødvendigvis relevante i alle miljømæssige sammenhænge. At fastsætte grænseværdier meget lavt, forekommer umiddelbart som en god forebyggelse med størst mulig sikkerhed, men, da nogle kontaminanter f.eks. også er naturligt forekommende, vil en grænseværdi under det af naturen satte naturlige niveau ikke være hensigtsmæssigt, men vil kunne give anledning til ængstelse i en befolkningsgruppe, der får at vide, at deres belastning overskrider grænseværdien. Der må ske en fortløbende reevaluering af grænseværdier, hvor der tages hensyn til ny viden.

Åben og fyldestgørende information til berørte befolkninger om forskningsresultater og risikovurderinger er en indlysende nødvendighed. Dette stiller krav til troværdigheden af den givne information og til modtagerens forudsætning for at forstå og personligt tage stilling til denne information. Uunderbyggede meddelelser om risici og meddelelser givet i et uforståeligt sprog, bidrager til enten at skabe panik eller ligegyldighed. Skabes der herved en troværdighedskløft mellem myndighed og befolkning vil muligheden for et konstruktivt samarbejde forskertses.

Det har været fremført, at berørte befolkninger bør have fri adgang til samtlige forskningsdata vedrørende dem selv. Forskningsdata er ofte inkonklusive og danner basis for mere eller mindre velunderbyggede hypoteser om årsagssammenhænge til senere afprøvning. Derfor vil lægmandsindsigt med mulige mistolkninger på grund af ukendskab til videnskabelig metode og terminologi næppe altid være hensigtsmæssig. Videnskabelige rådata må vurderes og tolkes inden offentliggørelse. An-



svaret for tolkningen påhviler forskerne, der dermed pålægges et betydeligt etisk ansvar.

Forskere er ikke nødvendigvis i stand til at formulere sig i et sprog, der er alment forståeligt. Dette gælder især når der er etiske og kulturelle forskelle imellem forskeren og de mennesker han henvender sig til. For at sikre en formidlingsproces på et forsvarligt høj fagligt plan er det nødvendigt, at der uddannes formidlere med tilstrækkelig faglig indsigt til at kunne forstå de komplicerede faglige aspekter. De må samtidig have den kulturelle og sproglige indsigt, der er nødvendig for at tolke forskningsresultater og formidle et budskab til modtagerne og indgå i en kvalificeret dialog med dem (jfr. figur 27).

## **Hvad kan der gøres i Grønland?**

Under første fase af AMAP er det påvist, at det hovedsageligt er den traditionelle kost, der er bærer af forureningsstoffer. Det fremgår også, at den grønlandske befolkning har verdensrekord med hensyn til belastning med PCB og kviksølv, samt at flere af de stoffer, man har verdensrekord for, kan relateres til øget cancerisiko nedsat fertilitet og svigtende immunforsvar.

Disse informationer nødvendiggør, at der iværksættes en omfattende folkeoplysning med det formål, at give en afbalanceret information og vejledning. Sundhedspersonalet på distriktssygehusene vil naturligt have en vigtig rolle i dette arbejde. Der er derfor behov for uddannelse i miljømedicinske fagområder med særlig vægt på de toksikologiske områder der er relevante for Grønland. Der må også etableres en kontinuert information, således af sundhedspersonalet holdes ajourførte med de seneste forskningsresultater af relevans for deres informationsarbejde.

Der er stadig meget mangelfuld viden om mulige sundhedseffekter af de kontaminanter, der findes i grønlandsk mad og de koncentrationsniveauer, hvori de forekommer. Der er derfor behov for fortsat støtte til forskning, der kan øge vor viden om næringsstofindholdet i grønlandske fødevarer, om kostens kontaminantindhold og om kontaminanter og effekter af de blandinger, hvori de forekommer, samt om samspillet mellem næringsstoffer og kontaminanter.

Udvikling af en fødevetabel for Grønland, der omfatter oplysninger om, såvel næringsstofindholdet som forureningsstofindholdet vil være et vigtigt skridt henimod etablering af en aktiv ernæringspolitik. Målet er vejledning i at opnå en god og balanceret ernæring baseret på grønlandske råvarer samtidig med at indtagelse

af kontaminanter mindskes. På grund af mulige fosterskader er det særlig vigtigt, at der ydes kostvejledning til gravide kvinder, specielt med henblik på at mindske kviksølvbelastningen til et acceptabelt niveau. Beklageligvis vil kostvejledning ikke have umiddelbar indflydelse på problemer vedrørende organoklorforbindelser, idet kvinders krogsbelastning opbygget inden graviditeten vil kunne bidrage til fosterpåvirkninger, men på længere sigt vil en aktiv indsats kunne nedbringe belastningen.

Igangværende undersøgelser over mandlig fertilitet i Grønland vil kunne indicere om der er en sammenhæng mellem belastningen med organoklorforbindelser og sædkvalitet. Hvis dette viser sig at være tilfældet, kan der også blive tale om at yde kostvejledning til drenge og mænd i den fertile alder.

Det største miljøproblem i relation til grønlandsk kost er knyttet til forekomsten af organoklorforbindelser. På grund af det globale spredningsmønster og akkumulering i biosfæren kan dette problem ikke løses på nationalt plan. Det er derfor vigtigt, at Grønland aktivt styrker internationale aktiviteter vedrørende restriktioner af fremstilling og brug af disse prioritetskontaminanter.

# Ordliste

<i>Absorption</i>	Opsugning
<i>Aeteromatose</i>	Åreforkalkning, ophobning af kolesterol i Arterievæggen
<i>Alveole</i>	Lungeblære
<i>AMAP</i>	Arctic Monitoring and Assessment Program (AMAP). Delt program under Arctic Environmental Protection Strategy (AEPS)
<i>Androgen</i>	Vedrørende et mandligt hormon
<i>Antioxidanter</i>	Stof der modvirker iltningsprocesser
<i>Antiøstrogen</i>	Stof, der modvirker kvindelig kønshormon
<i>Astroglia</i>	Støttevæv i hjernen
<i>Bioakkumulation</i>	Ophobning af et fremmedstof med tiden i en Organisme
<i>Biomagnifikation</i>	Stigning af fremmedstoffers koncentration igennem en fødekædes led
<i>Biomarkør</i>	Biologisk målbar faktor, der indicerer en given Belastning
<i>Carcinogen</i>	Kræftfremkaldende stof
<i>Cardiotoksisk</i>	Giftig for hjertet
<i>Chloracne</i>	Hudsymptomer forårsaget af klorholdige kemikalier
<i>Co-carcinogener</i>	Et stof, der fremmer vækst af cancerceller, men er ikke selv et cancerogen
<i>Congener</i>	Forskellige kemiske forbindelser med samme Grundstruktur
<i>DDE</i>	<u>D</u> iklor <u>D</u> ifenyl <u>E</u> tylen, nedbrydningsprodukt af DDT
<i>DDT</i>	<u>D</u> iklor <u>D</u> ifenyl <u>T</u> rikloretan, pesticid
<i>Dioxiner</i>	Klorerede organiske forbindelser, der opstår ved forbrændingsprocesser
<i>Dysfunktion</i>	Unormal funktion
<i>Effekt</i>	Virkning, resultat. I miljømedicin: Den gennemsnitlige virkning af en given dosis
<i>Emission</i>	Udsendelse, udstråling
<i>Endokrin</i>	Udskillelse af f.eks. hormoner til blod eller lymfe
<i>Essentiel</i>	Livsnødvendig
<i>Fotokemisk</i>	Kemisk proces fremkaldt af lys
<i>Furaner</i>	Dioxinlignende klorerede organiske forbindelser
<i>Fytokemikalier</i>	Fællesbetegnelse for aktive kemiske forbindelser

	dannet af planter
<i>Glucosetolerance</i>	Evnen til at omsætte sukker, glukose
<i>Homeostase</i>	Den bevægelige fysiologiske ligevægtstilstand i en organisme
<i>Hypertension</i>	Forhøjet blodtryk
<i>Interventionsstudium</i>	Studium med tilførsel af et specifikt stof for enten at forbedre helbredstilstand eller ændre et sygdomsforløb
<i>Ischæmisk hjertesygdom</i>	Sygdom i hjertet på grund af manglende blodtilførsel
<i>Konditionel</i>	Egenskab betinget af ydre forhold
<i>Konstitutionel</i>	Egenskab som skyldes medfødte anlæg
<i>Kontaminanter</i>	Forureningsstoffer
<i>LD<sub>50</sub></i>	Letaldosis for 50% af forsøgsdyr, mål for akut giftighed
<i>Leucotriener</i>	En gruppe af stoffer af betydning for inflammatoriske processer, der dannes ud fra polyumættede fedtsyrer
<i>Lipider</i>	Fedtstoffer
<i>Megajoule (MJ)</i>	Joule, måleenhed for energi. MJ = 10 <sup>6</sup> joule. Tidligere måleenhed calorie 1 cal. = 4.2 joule
<i>Mikrogram (µg)</i>	10 <sup>-6</sup> gram 0,000001 gram
<i>Monocytter</i>	En type af hvide blodlegemer
<i>Multicausal</i>	Flere årsager
<i>Nanogram (ng)</i>	10 <sup>-9</sup> gram 0,000000001 gram
<i>Nefron</i>	Den funktionelle enhed i nyrevæv
<i>Neurotoksisk</i>	Giftvirkning på nervesystemet
<i>Osteomalaci</i>	Knogleblødhed på grund af kalkmangel
<i>Osteoporose</i>	Knogleskørhed
<i>Parastesi</i>	Sygelig fornemmelse af kryben, snurren eller stikken et eller andet sted på legemets overflade
<i>PCB</i>	<u>P</u> oly <u>C</u> hlorerede <u>B</u> ifenyl(er)
<i>Percentil</i>	Fraktion af 10%
<i>Pesticider</i>	Bekæmpelsesmidler
<i>PH</i>	Surhedsgrad
<i>Pica</i>	Trang til at spise ting, der ikke anses for spiselige
<i>Placenta</i>	Moderkage
<i>Proaggregatorisk</i>	Fremmer sammenklumpning
<i>Prooxidanter</i>	Stof, der fremmer iltningprocesser
<i>Prostaglandiner</i>	En gruppe højaktive stoffer, der dannes ud fra polyumættede fedtsyrer
<i>Præcipitation</i>	Nedfald fra atmosfæren

<i>Prævalens</i>	Antal tilfælde af en sygdom, som er tilstede på et givet tidspunkt i relation til pupolationsstørrelsen = morbiditet
<i>Receptor</i>	Modtager, bindingssted for specifikke molekyler
<i>Respons</i>	Svar, reaktion. I miljømedicin: Den procentdel af en population, der ved en bestemt dosis udviser en specifik effekt
<i>Screening</i>	Orienterende undersøgelse
<i>Terrestisk</i>	Hørende til jorden, landlevende
<i>TEQ</i>	Tokisk ækvivalent
<i>Toksikologi</i>	Læren om giftige stoffers virkning på levende Organismer
<i>Toxafen</i>	Kloreret pesticid
<i>Vektorbårne sygdomme</i>	Sygdomme, der overføres via insekter
<i>WHO</i>	World Health Organization. Verdens Sundhedsorganisationen
<i>Xenobiotica</i>	Fremmedstof
<i>Ækvivalentfaktorer</i>	Omregningsfaktorer brugt til sammenligning af Giftighed
<i>Østrogen</i>	Vedrørende et kvindeligt hormon