

RAPPORT **.*

Statens forurensningstilsyn

Postadresse: Pb. 8100 Dep, 0032 OSLO

Kontoradresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00 Telefax: 22 67 67 06



Utførende institusjon	Kontaktperson SFT		ISBN-nummer
Scandpower A/S	Beryl C. Nygreen		TA-nummer
	Avdeling i SFT		
	Kjemikalie- og spes.avfall		
Oppdragstakers prosjektansvarlig	År	Sidetall	SFTs kontrakt nummer
Sigrid Louise Bjørnstad	1994	49	94/445
Utgiver	Prosjektet er finansiert av		
Statens forurensningstilsyn	Statens forurensningstilsyn		
Forfatter(e)			
Marit R. Linde, Sigrid Louise Bjørnstad			
Tittel - norsk og engelsk			
Materialstrømanalyse av kvikksølv. Vurdering av alternativer			
Material Flow Analysis on Mercury. Evaluation of Alternatives			
Sammendrag - summary			
Det er gjennomført en kartlegging av bruksområder, forbruk og utslipp av kvikksølv i Norge i 1985 og 1993. Alternativer er vurdert.			
De viktigste produktgruppene i 1993 er tannfyllingsmaterialer, batterier, lyskilder, termometre og barytt (boreslam). Totalt forbruk var i 1985 ca. 8.000 kg kvikksølv og 1900 kg i 1993, tilsvarende en reduksjon på ca. 75%.			
I 1985 var de industrielle utslippene til vann og luft betydelige. Disse er redusert med ca. 75%.			
Samlet utslipp til vann er redusert med ca. 70% fra ca. 2600 kg i 1985 til ca. 730 kg i 1993.			
Samlet utslipp til luft er redusert med ca. 75% fra ca. 1600 kg i 1985 til ca. 400 kg i 1993.			
Samlet tilførsel til jord er redusert med ca. 75% fra ca. 1300 kg i 1985 til ca. 300 kg i 1993, når langtransportert tilførsel holdt utenfor. Samlet utslipp/tilførsel er redusert med noe over 70% når tilførsel fra langtransportert holdes utenfor. Norge har dermed oppnådd nasjonale og internasjonale målsetninger. Reduksjonene skyldes rensetiltak i industrien, redusert kvikksølvinnhold i visse produkter og overgang til kvikksølvfrie alternativer.			
Det finnes adekvate alternativer til kvikksølv for de fleste bruksområder.			
The consumption of mercury in products has been reduced with about 75% from 8000 kg mercury in 1985 to about 1900 kg in 1993. The most important areas of applications to-day are as mercury amalgams and in batteries, lighting, thermometers and barite (drilling mud).			
Norway has reached national and international goals for reduction of mercury by reducing the discharges to water and soil and emissions to air by more than 70%.			
Adequate substitutes for mercury containing products exist for most areas of applications, and there has been a strong tendency to change to these alternatives.			
Emneord	Subject words		
Kvikksølv	Mercury		
Materialstrøm	Material flow		
Utslipp	Discharges		
Avfall	Waste		

FORORD

Denne materialstrømsanalysen av kvikksølv er utarbeidet på oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT). Målet har vært å få en oppdatert oversikt over

- bruksområder og forbruk av kvikksølv og kvikksølvholdige produkter i Norge i 1993
- tilførsler av kvikksølv til vann, luft og jord og som avfall i 1993
- alternativer og utslippsreducerende tiltak
- muligheter for resultatkontroll.

I tillegg er gitt data for forbruk og tilførsler av kvikksølv til vann, luft og jord i 1985.

Undersøkelsen har vært gjennomført av Scandpower A/S i perioden juni-desember 1994 av sivil.ing. Marit R. Linde og cand.real Sigrud Louise Bjørnstad.

Beryl C. Nygreen har vært SFTs kontaktperson i forbindelse med prosjektet.

Kjeller, desember 1994

Scandpower A/S

Sigrud Louise Bjørnstad
prosjektleder

0. SAMMENDRAG

Forbruk og bruksområder

Kvikksølv benyttes som elektrode i kloralkaliproduksjonen. De viktigste bruksområdene i produkter er som tannfyllingsmaterialer og i batterier, termometre og lyskilder. I tillegg er det spormengder av kvikksølv i en del råstoffer, f.eks. sink-konsentrat og råmalm for ferrolegeringsproduksjon, og produkter, f.eks. mineralgjødsel. En oversikt over forbruk og bruksområder for kvikksølvholdige produkter i 1985 og 1993 er vist i tabell 0.1. Denne er basert på opplysninger fra forhandlere, bransjeforeninger og andre kilder.

TABELL 0.1: Forbruk av kvikksølv i produkter i 1985 og 1993

Produkter	Mengde, kg kvikksølv		Forbruksendring %
	1985	1993	
Tannfyllingsmaterialer	2050	620	- 70
Batterier	3000	430	- 85
Termometre	900	125	- 85
Lyskilder	160	130	- 20
Blodtrykksmålere	50	30	- 40
Andre målere	30	20	- 35
Nivåvippebrytere	50	5	- 90
Plantevernmidler	950	0	- 100
Legemidler	10	0	- 100
Laboratoriekjemikalier	300	40	- 85
Mineralgjødsel	5	3	- 40
Kull, olje, gass	5	5	uendret
Barytt	400	400	uendret
Avløpsslam	165	105	- 35
Sum	8000	1900	- 75

I tillegg kommer et forbruk av ca. 5.300 kg kvikksølv i kloralkaliproduksjon i 1993, samt et "forbruk" som skyldes bruk av kvikksølvholdige råstoffer i industrien (hovedsakelig metallurgisk industri). Dette kvikksølvforbruket er ikke kartlagt fullstendig.

Tabell 0.1 viser at det for de viktigste bruksområdene har det vært en reduksjon i kvikksølvforbruket på mellom 70 og 90 %. For legemidler og plantevernmidler har det vært en total utfasing; for plantevernmidler pga. forbud fra 1.12.1991.

Utslipp og tilførsler

Det er utslipp av kvikksølv til vann fra industrien og fra bruk av amalgamer som tannfyllingsmaterialer.

Utslippene til luft kommer fra industri, fra avfallsforbrenning og fra kremasjoner.

Tilførslene til jord kommer fra bruk av mineralgjødsel og avløpsslam, fra langtransporterte luftforurensninger og fra jordfester.

I tabell 0.2 er gitt en oversikt over utslipp og tilførsler i 1985 og 1993. For utslippet til vann fra produkter er det tatt hensyn til at hovedmengden ledes til kommunalt nett og får en rensing der, før det slippes ut.

TABELL 0.2: Utslipp og tilførsler av kvikksølv

Kilde	1985, kg kvikksølv			1993, kg kvikksølv			% -vis endring		
	Vann	Luft	Jord	Vann	Luft	Jord	Vann	Luft	Jord
Produkter/komm. nett	960	370	1250	290	130	290	70	20	75
Industri ¹⁾	1600 ²⁾	880 ²⁾	-	430	210	-	75	75	-
Avfallsbehandling	40	350	-	40	70	-	uendr.	80	-
Langtransportert	-	-	300	-	-	300	-	-	uendr.
Sum	2600 ²⁾	1600 ²⁾	1550	760	410	590	70	75	60

¹⁾ Inkludert offshore virksomhet

²⁾ Inkluderer ikke uhellsutslipp fra Borregaard, 680 kg kvikksølv til vann og 100 kg til luft

Tabell 0.2 viser at det i perioden fra 1985 har vært en reduksjon av de samlede utslipp til vann og til luft på ca. 75 %. Reduksjonene skyldes rensetiltak i industrien og ved avfallsforbrenningsanlegg, nedlegging av noen industribedrifter, redusert forbruk av kvikksølvholdige produkter og redusert innhold av kvikksølv i produktene.

Hvis man inkluderer langtransportert i tilførslene til jord, har reduksjonen fra 1985 vært på ca. 60 %. For tilførsler som skyldes bruk av kvikksølv i Norge, har det imidlertid vært en reduksjon på 75 %. Denne reduksjonen skyldes forbud mot bruk av kvikksølvholdige plantevernmidler.

Det fremgår av tabell 0.2 at Norge har oppfylt nasjonale målsettinger om minst 50 % reduksjon av utslippene til vann og luft hver for seg. Når tilførsler fra langtransporterte luftforurensninger holdes utenfor, beregnes reduksjonen i samlede utslipp/tilførsler til 72-73 %, dvs. Norge har også oppfylt Nordsjødeklarasjonens og nasjonale målsettinger om minst 70 % reduksjon av samlet utslipp.

Ca. 1000 kg kvikksølv fra bl.a. batterier og amalgamer ble tilført det kommunale avfallsbehandlingssystemet i 1993, og ca. 600 kg samles opp og lagres eller leveres spesialavfallssystemet. Kvikksølvholdig spesialavfall må eksporteres for behandling. Det var ingen slik eksport i 1993.

Fra industriell virksomhet ble det i 1993 produsert ca. 183 tonn kvikksølvholdig avfall, som lagres/deponeres i spesialdeponier ved bedriftene i påvente av muligheter for gjenvinning. Det er teknisk mulig å gjenvinne det meste av kvikksølvet i avfallet, men ettersom kvikksølv fases mer og mer ut som bruksmetall, vil behovet for og etterspørselen etter kvikksølv bli mindre.

Alternativer og tiltak

Det finnes adekvate og økonomisk akseptable kvikksølvfrie alternativer for de fleste bruksområder, og langt på vei er disse tatt i bruk. Det gjenstår å finne fullgode alternativer for all bruk av amalgam i tannfyllinger og for bruk i batterier, dvs. både fullgodt alternativ til all bruk av kvikksølvoksidbatterier og redusert kvikksølvinnhold i sølvoksid, sink-luft og alkaliske knappceller.

Bransjen opplyser at kvikksølvmengden i lysrør vil bli redusert med ca. 80 % fra 1996.

For å sikre at den positive utviklingen fortsetter og at ikke nye kvikksølvholdige produkter introduseres, bør det fastsettes en regulering som på sikt forbyr all bruk av kvikksølv i produkter.

INNHOLDSFORTEGNELSE

	<u>Side</u>
0. SAMMENDRAG	i
1. INNLEDNING	1
1.1 Generelt	1
1.2 Mål med prosjektet	1
1.3 Gjennomføring	1
1.4 Eksisterende reguleringer	2
1.4.1 Norge	2
1.4.2 Reguleringer i andre nordiske land	2
1.4.3 Reguleringer i EU	2
2. KVIKKSØLV. EGENSKAPER, FOREKOMST, HELSE- OG MILJØ-EFFEKTER	3
2.1 Egenskaper til kvikksølv	3
2.2 Naturlig forekommende kvikksølv	3
2.2.1 Generelt	3
2.2.2 Kvikksølv i jord, bergarter og planter	4
2.2.3 Kvikksølv i ferskvann	4
2.2.4 Kvikksølv i sjø	4
2.2.5 Kvikksølv i luft	5
2.3 Helseeffekter	5
2.4 Miljøeffekter	6
3. IMPORT, PRODUKSJON, BRUK OG UTSLIPP AV KVIKKSØLV I NORGE	7
3.1 Generelt	7
3.2 Bruk av kvikksølv i produkter	8
3.2.1 Generelt	8
3.2.2 Tannfyllingsmaterialer	8
3.2.2.1 Bruk, forbruk og tilførsler i 1993	8
3.2.2.2 Forbruk og tilførsler av kvikksølv i 1985	10
3.2.2.3 Oppsummering forbruk og tilførsler i 1985 og 1993	10
3.2.2.4 Alternativer	11
3.2.3 Batterier	12
3.2.3.1 Bruk, forbruk og tilførsler i 1993	12
3.2.3.2 Bruk og tilførsler i 1985	14
3.2.3.3 Oppsummering av forbruk og tilførsler i 1985 og 1993	14
3.2.3.4 Alternativer	14
3.2.4 Termometre	15
3.2.4.1 Bruk, forbruk og tilførsler i 1993	15
3.2.4.2 Forbruk og tilførsler i 1985	17
3.2.4.3 Oppsummering forbruk og tilførsler i 1985 og 1993	17
3.2.4.4 Alternativer	17
3.2.5 Lyskilder	19
3.2.5.1 Bruk, forbruk og tilførsler i 1993	19
3.2.5.2 Forbruk og tilførsler i 1985	19
3.2.5.3 Oppsummering forbruk og tilførsler i 1985 og 1993	20
3.2.5.4 Alternativer	20

	<u>Side</u>
3.2.6 Blodtrykksmålere	20
3.2.6.1 Bruk, forbruk og tilførsler i 1993	20
3.2.6.2 Forbruk og tilførsler i 1985	21
3.2.6.3 Oppsummering forbruk og tilførsler i 1985 og 1993	21
3.2.6.4 Alternativer	22
3.2.7 Andre målere	22
3.2.7.1 Bruk, forbruk og tilførsler i 1993	22
3.2.7.2 Forbruk og tilførsler av kvikksølv i 1985	22
3.2.7.3 Oppsummering forbruk og tilførsler i 1985 og 1993	23
3.2.7.4 Alternativer	23
3.2.8 Nivåvippebrytere	23
3.2.8.1 Bruk, forbruk og tilførsler i 1993	23
3.2.8.2 Tilførsel i 1985	24
3.2.8.3 Oppsummering forbruk og tilførsler i 1985 og 1993	24
3.2.8.4 Alternativer	24
3.2.9 Oppsummering	24
3.3 Bruk av kjemiske forbindelser av kvikksølv	26
3.3.1 Generelt	26
3.3.2 Laboratoriekjemikalier	26
3.3.2.1 Bruk og forbruk og tilførsel i 1993	26
3.3.2.2 Tilførsel 1985	26
3.3.2.3 Alternativer	26
3.3.3 Oppsummering	27
3.4 Kvikksølv som forurensning i andre produkter	28
3.4.1 Generelt	28
3.4.2 Mineralgjødelse	28
3.4.3 Avløpsslam	29
3.4.4 Boreslam	29
3.4.5 Kull, olje, gass	29
3.4.6 Jernskrap	30
3.4.7 Oppsummering	30
3.5 Utslipp og avfall fra industrielle prosesser	31
3.5.1 Generelt	31
3.5.2 Kloralkaliproduksjon	31
3.5.3 Norzink A/S	32
3.5.4 Odda Smelteverk	33
3.5.5 Produksjon av sement	33
3.5.6 Produksjon av ferromangan/silikomangan	33
3.5.7 Oppsummering	34
3.6 Utslipp fra avfallsbehandling	35
3.6.1 Generelt	35
3.6.2 Avfallsforbrenning	35
3.6.3 Deponering	36
3.6.4 Oppsummering	36
3.7 Andre kilder	37
3.7.1 Kommunalt avløpsvann	37
3.7.2 Sedimenter	37
3.7.3 Forurenset grunn	37
3.7.4 Langtransportert - luft	38

	<u>Side</u>
4. MATERIALSTRØM AV KVIKKSØLV I 1993	39
5. UTSLIPP, TILFØRSLER OG AVFALLSMENGDER	43
5.1 Utslipp, tilførsler og avfallsmengder i 1985	43
5.2 Sammenligning for 1985 og 1993	45
6. MULIGE TILTAK	46
REFERANSER	47

1. INNLEDNING

1.1 Generelt

Kvikksølv er rangert som ett av de stoffene som representerer et betydelig miljøproblem i Norge, ref. /1/. Videre ses kvikksølv på som en av hovedtruslene mot det marine miljøet i Nordsjøen.

Norge har derfor vedtatt å redusere tilførslene av kvikksølv til vann, jord og luft samlet med minst 70 % i forhold til nivået i 1985. Samtidig har Nordsjøavtalen bestemmelser om minst 70 % reduksjon samlet og minst 50 % reduksjon av tilførslene til vann og luft hver for seg, igjen i forhold til nivået i 1985.

SFT satte i 1994 i gang arbeidet med en materialstrømanalyse av kvikksølv. Slike analyser er tidligere utarbeidet i 1978 og for en del kvikksølvholdige produkter i 1989, og det var behov for en ny kartlegging, bl.a. for å avklare hvor man står i forhold til nasjonale og internasjonale målsetninger og hvilke tiltak som kan være aktuelle.

1.2 Mål med prosjektet

Prosjektet skal gi en oppdatert oversikt over den totale materialstrømmen av kvikksølv og dets forbindelser i Norge. Dette innebærer en kartlegging av

- produkttyper som inneholder kvikksølv og kvikksølvforbindelser og i hvilke mengder, samt forbruket og tilførsel av kvikksølv i 1993
- andre bruksområder, inkludert industri og tilførslene fra disse kildene i 1993
- avfallshåndtering og muligheter for gjenvinning.

Siden 1985 brukes som referanseår, skal også forbruk og tilførsler i dette året kartlegges/beregnes/estimeres.

I tillegg skal det gis en vurdering av mulige alternativer og tiltak som kan bidra til å redusere miljøbelastningen, samt metoder for å kunne utføre resultatkontroll av gjennomførte tiltak.

1.3 Gjennomføring

Kartleggingen har tatt utgangspunkt i de tidligere gjennomførte materialstrømanalysene og i data fra andre oppdateringsprosjekter fra Produktregistret, Utenriksstatistikken og SFTs interne database for utslipp fra industrien. Videre er det benyttet norske og utenlandske rapporter.

Spørreskjema fra prosjektet "Miljøgifter i produkter" er benyttet, og det er ikke utsendt nye spørreskjema i dette prosjektet. Det er imidlertid innhentet supplerende informasjon, muntlig og skriftlig, fra bransjeorganisasjoner, leverandører, produsenter og SFTs saksbehandlere.

1.4 Eksisterende reguleringer

1.4.1 Norge

I Norge er det fastsatt følgende forskrifter som regulerer bruken av kvikksølvholdige produkter og håndtering av kvikksølvholdig avfall:

- Forskrift om miljøskadelige batterier og akkumulatorer av 17.07.90 med endringer av 05.05.92 og 18.07.94
- Forskrift om begrensning av import, eksport, produksjon, omsetning eller bruk av enkelte skadelige stoffer og produkter av 21.12.93 (gir forbud mot bruk av kvikksølvforbindelser som begroingshindrende middel, trebeskyttelse, impregneringsmiddel for tekstiler og vannbehandlingsmiddel)
- Forskrift om amalgamholdig avløpsvann og amalgamholdig avfall fra tannklinikker og tannlegekontorer av 23.09.94
- Forskrift om spesialavfall av 19.05.94 (regulerer oppbevaring, levering og håndtering av bl.a. kvikksølvholdig avfall)
- Forskrift om eksport og import av farlig avfall av 23.05.90.

I tillegg er det fastsatt forskrifter som forbyr bruken av kvikksølvholdige plantevernmidler, og retningslinjer som fastsetter grenseverdier for kvikksølvinnholdet i kloakkslam som skal benyttes som jordforbedringsmiddel.

En forslag til forskrift om forbud mot kvikksølvholdige termometre var på høring høsten 1993, men er ikke vedtatt ennå.

1.4.2 Reguleringer i andre nordiske land

Danmark har vedtatt et generelt forbud mot salg av kvikksølv og kvikksølvholdige produkter. For en del spesifiserte produkter er imidlertid bruk tillatt inntil gitte datoer eller inntil videre. Bl.a. skal bruk av amalgam fases ut innen 1999 under forutsetning av at det finnes egnede alternativer.

Sverige har vedtatt forbud mot markedsføring og salg av kvikksølvholdige termometre og andre måleinstrumenter, samt elektriske brytere og reléer. Også i Sverige har man fremmet forslag om å fase ut bruken av amalgam.

Begge land har reguleringer/retningslinjer for batterier, kvikksølvinnhold i kloakkslam og bruk av kvikksølv som plantevernmiddel, samt om innsamling av bl.a. kvikksølvholdig avfall.

1.4.3 Reguleringer i EU

I EU er det vedtatt en rekke direktiver som regulerer bruk av kvikksølv og utslipp av kvikksølv fra industrielle kilder, så som direktiv om batterier og akkumulatorer, om bruk av kvikksølv som plantevernmiddel og om forbud til visse bruksområder (begroingshindrende middel, treimpregneringsmiddel, impregneringsmiddel for tekstiler og vannbehandlingmiddel).

2. KVIKKSØLV. EGENSKAPER, FOREKOMST, HELSE- OG MILJØ-EFFEKTER

2.1 Egenskaper til kvikksølv

Kvikksølv er et sølvfarget metall. Det er det eneste metall som er flytende ved værelsestemperatur og har selv ved lave temperaturer et betydelig damptrykk. Det legerer seg lett med en rekke metaller, slik som edelmetaller, sink, bly og tinn, men ikke med jernmetallene. Med syrer kan det danne både en- og toverdige salter, og de toverdige er mest stabile.

Kvikksølv fremstilles ved oksyderende røsting av sulfidet, HgS. De viktigste fysiske data for kvikksølv er:

Kjemisk formel	:	Hg
Atomvekt	:	200,59
Smeltepunkt	:	- 38,87 °C
Kokepunkt	:	356,58 °C
Spesifikk vekt (20 °C)	:	13, 5939

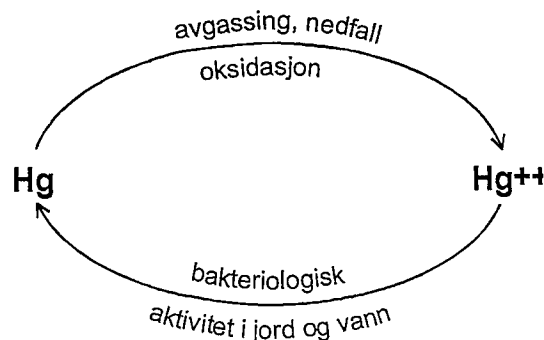
2.2 Naturlig forekommende kvikksølv

2.2.1 Generelt

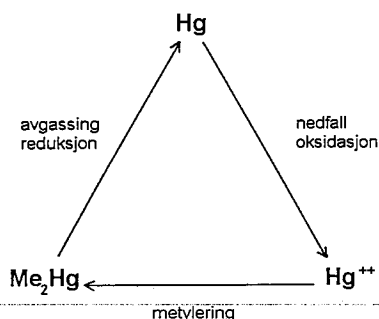
Kvikksølv finnes som en naturlig del av flere bergarter og i luft, vann og jord.

Naturlige transportsykluser sørger for at kvikksølv transporteres mellom mediene luft, vann og jord. Man opererer med to ulike kvikksølvsyklus:

- Global syklus, som involverer bakteriologisk omdanning av kvikksølvforbindelser til metallisk kvikksølv, avgassing, nedfall og oksidasjon, forenklet fremstilt nedenfor.



- Lokal syklus som involverer metylering av kvikksølv til dimetylkvikksølv, avdampning, foto-oksidasjon til metallisk kvikksølv, nedfall og oksidasjon i vandig miljø, fremstilt forenklet nedenfor.



2.2.2 Kvikksølv i jord, bergarter og planter

Kvikksølvinnholdet i jord vil avhenge av jordtype, humusinnhold og avstand fra eventuelle forurensningskilder. I jordsmonn og løsmasser er funnet verdier som varierer mellom 130 - 196 ng/g, med de høyeste verdiene i Sør-Norge, ref. /2/.

Sulfidiske malmer kan inneholde relativt store kvikksølvkonsentrasjoner. Av produserte malmkonsentrater har norsk sinkkonsentrat og blykonsentrat vært angitt å ha et gjennomsnittlig kvikksølvinnhold på henholdsvis 28 mg og 8 mg kvikksølv pr. kg, ref. /3/. Kopper- og svovelkiskonsentrat kan også inneholde små mengder kvikksølv.

I moseprøver er funnet nivåer mellom 60-140 ng/g, tørrvekt, ref. /2/ og i torv 0,3-0,15 ppm, ref. /4/. Moseprøvene viser at det er et høyere nivå i Sør-Norge enn i landet forøvrig. Det er også funnet høyere nivåer langs Finnmarkskysten enn innover i landet. I reinlav fra Midt- og Sør-Norge har man funnet verdier mellom 18 og 262 ng/g, tørrvekt, ref. /2/.

2.2.3 Kvikksølv i ferskvann

Kvikksølvinnholdet i vann vil være avhengig av lokalgeologi og av eventuelle lokale utslippskilder. Normalt vil grunnvann ha et lavere innhold enn overflatevann. I vassdrag vil kvikksølvinnholdet kunne avta under vannets veg mot havet, antakelig fordi en del sedimenteres, men også pga. kvikksølvets kjemiske og biologiske sykler. I tilløpselver til Mjøsa er funnet kvikksølvinnhold på 1-20 ng/l, med gjennomsnittsverdi på 8 ng/l, ref. /2/. Bakgrunnskonsentrasjon for kvikksølv i ferskvann er 2-30 ng/l, ref. /5/. (Det er til dels stor måleusikkerhet pga. fordeling mellom partikulært og oppløst kvikksølv).

I 1986-88 ble det samlet inn og analysert på bl.a. kvikksølvinnholdet i sedimentprøver fra 205 innsjøer. Det var da klare regionale forskjeller, fra ca. 100 ng/g tørrvekt i Finnmark og Midt-Norge til ca. 250 ng/g tørrvekt i snitt i Sør-Norge, ref. /6/.

2.2.4 Kvikksølv i sjø

Kvikksølvinnholdet i sjøvann er funnet å være 1-6 ng/l som metylkvikksølv, ref. /5/. I Atlanterhavsvann har man funnet et snitt på 2 ng/l, som kvikksølv, ref. /2/. I kystområdene er kvikksølvinnholdet funnet å ligge mellom 2-15 ng/l, ref. /5/, og i norsk kystvann på 3 ng/l i snitt, ref. /2/, som kvikksølv. I enkelte fjorder med industrielle utslipps-

kilder så som Sørfjorden og Frierfjorden har man målt høyere konsentrasjoner. I disse fjordene har man også målt relativt høye nivåer av kvikksølv i torskefilet (Frierfjorden) og i blåskjell (Sørfjorden), ref. /6/.

2.2.5 Kvikksølv i luft

Kvikksølvinnholdet i luft er funnet å være, ref. /5/

- bakgrunn, havområder	1 - 3 ng/m ³
- landlige områder	3 - 10 ng/m ³
- byområder	2 - 50 ng/m ³
- industrielle områder	10 - 50 ng/m ³

Man regner at man i Norge har et gjennomsnittlig nivå på 3-5 ng/m³, men variasjoner fra 1-50 ng/m³ har vært funnet. Målinger tyder på at lufta i Sør-Norge inneholder mer kvikksølv enn lufta i Nord-Norge, noe som skyldes tilførsel med langtransportert luftforurensning, ref. /7/.

2.3 Helseeffekter

De viktigste inntaksveien for kvikksølv er via mat og luft. For personer som ikke er utsatt for yrkeseksponering av kvikksølv, er metylkkvikksølv fra mat, særlig fisk, den viktigste eksponeringskilden. I Japan og Irak har flere tusen mennesker blitt forgiftet av metylkkvikksølv etter å ha spist henholdsvis kvikksølvforurenset fisk og kvikksølvbeiset såkorn. I Norge er det fastsatt omsetningsforbud og kostholdsråd for fisk fra visse fjorder (Sørfjorden, Frierfjorden), bl.a. pga. kvikksølvinnholdet. For yrkeseksponerte personer vil belastningen fra metallisk kvikksølvdamp være viktigst.

De forskjellige formene for kvikksølv har meget forskjellig metabolisme og giftighet, ref. /7/.

Metallisk kvikksølv er relativt ufarlig når det tas inn via føden, da absorpsjonen fra mage og tarmkanal er minimal. Ved innånding vil imidlertid kvikksølv absorberes effektivt av lungene og transporteres videre til hjernen. Metallisk kvikksølv kan påvirke sentralnervesystemets funksjon og gi nevrologiske endringer som kan oppleves som irritabilitet, innadvendthet, manglende hukommelse og oppmerksomhet, samt nevrologiske forstyrrelser, som skjelving.

Metylkkvikksølv absorberes effektivt fra mage og tarmkanal. Metylkkvikksølv kan forårsake skader på nervecellenes funksjon og kan føre til permanent hjerneskade. De første symptomer på forgiftning av metylkkvikksølv er en følelse av nummenhet i fingre og rundt munnen. Ved kraftigere eksponering kan metylkkvikksølv forårsake nedsatt syn, hørsel og koordineringsevne.

Metylkkvikksølv kan også virke teratogent (skadelig for fosteret) og mutagent og kan forårsake spontanaborter og sterilitet.

Uorganiske kvikksølvsalter er generelt meget giftige. De virker på nyrene og kan gi forstyrrelser i urinutskillelsen. De kan forårsake allergi ved hudkontakt, har forårsaket fosterskader og kan gi nedsatt befruktningsdyktighet.

Det foreligger ikke materiale som dokumenterer at kvikksølv i noen form kan være kreftfremkallende.

I tabell 2.1 er vist de kvikksølvkonsentrasjoner i blod og urin som antas å kunne gi helseeffekter.

TABELL 2.1: Kvikksølvkonsentrasjoner som kan gi helseeffekter, ref. /7/

Metallisk kvikksølv	Hg-kons. i blodet, ng/ml	Hg-kons. i urin, ng/ml	Hg-kons. i lufta som gir effekter, mg/m ³
- Subjektive plager * antatt forårsaket av høy kvikksølvbelastning	35	150	0,05
- Objektive tegn på kvikksølvbelastning	70-150	300-600	0,1-0,2
Metylkvikksølv		Hg-kons. i hår, µg/kg	Daglig Hg-inntak over lengre tid som gir effekter, µg/kg kroppsvekt
- Subjektive plager * antatt forårsaket av høy kvikksølvbelastning	200-500	50-125	3-7

* Plager antatt forårsaket av kvikksølvpåvirkning, og hvor symptomene ligner på de som forårsakes av kvikksølvforgiftning, men hvor man ikke kan fastslå dette med sikkerhet

En ekspertgruppe under WHO har foreslått en såkalt PWTI-verdi (Provisional Tolerable Weekly Intake) på 5 µg/kg kroppsvekt for kvikksølv og på 3,3 µg/kg kroppsvekt for metylkvikksølv, ref. /5/.

2.4 Miljøeffekter

Kvikksølv har en lang biologisk halveringstid og kan derfor oppkonsentreres i næringskjeden og bioakkumuleres i fisk og pattedyr. Kvikksølvforbindelser er sterkt akutt-toksiske overfor mange vannlevende organismer og overfor pattedyr. Selv i små konsentrasjoner kan det gi kroniske giftvirkninger i mange organismer, ref. /1/.

Kvikksølv i jord kan opptas av planter og indirekte overføres til planteetende dyr, fugler og mennesker. Jord har imidlertid en sterk evne til å binde kvikksølv, og ved moderat tilførsel av kvikksølv vil bare en liten del være tilgjengelig for plantene, ref. /7/.

3. IMPORT, PRODUKSJON, BRUK OG UTSLIPP AV KVIKKSØLV I NORGE

3.1 Generelt

Verdensproduksjonen av kvikksølv var på 1980-tallet ca. 6000 tonn/år, ref. /5/, hvorav ca. 1500 ble forbrukt innen EU. I 1991 ble verdensproduksjonen estimert til ca. 3.700 tonn, ref. /8/.

I følge handelsstatistikken ble det i 1993 importert ca. 7,5 tonn kvikksølv eller kvikksølv-forbindelser til Norge, ref. /9/. (Varegruppe nr. 2800.4000. Totalt er det deklart ca. 21 tonn i denne varegruppen, men 13,5 tonn er feildeklart da det dreier seg om leire, som ikke inneholder vesentlige mengder kvikksølv).

De viktigste bruksområdene i Norge er i kloralkaliindustrien, som tannfyllingsmaterialer og i batterier, termometre og lyskilder.

I tillegg opptre kvikksølv som forurensninger i en rekke malmer. Dette fører til at det er utslipp av kvikksølv til vann, luft og jord og at det dannes kvikksølvholdig avfall fra industrielle prosesser, så som produksjon av sink og ferro-/silikomangan.

En oversikt over kvikksølvforbindelser registrert i Produktregistret i 1993, er vist i tabell 3.1.

TABELL 3.1: Oversikt over kvikksølvforbindelser i Produktregistret i 1993

CAS-nr.	Forbindelse	Merknader
7546307	Hg (I)Cl	Mindre mengder, hovedsakelig til laboratoriebruk
7487947	Hg(II)Cl ₂	
7783359	Hg(II)SO ₄	
10045940	Hg(II)NO ₃	
592858	Tiocyansyre- Hg(II)-salt	
26545493	Fenyl-kvikksølv-neodekanoat	Tilsetningsstoffer
1344485	Hg(II)S	Forurensning i råstoff
7439976	Metallisk kvikksølv	

3.2 Bruk av kvikksølv i produkter

3.2.1 Generelt

Pga. sine fysiske, kjemiske og elektrokjemiske egenskaper benyttes kvikksølv i en rekke produkter, bl.a.:

- Amalgamer som er lette å forme ved romtemperatur, har god mekanisk styrke og utvider seg ved størkning
- Batterier pga. elektrokjemiske egenskaper og for å hindre selvutladning og gassdannelse
- Termometre pga. lineær utvidelse over et stort temperaturområde
- Lyskilder fordi de sender ut ultrafiolett lys ved elektrisk ionisasjon.

3.2.2 Tannfyllingsmaterialer

3.2.2.1 Bruk, forbruk og tilførsler i 1993

Kvikksølv-amalgamer har vært brukt i tannhygiene i nesten 150 år. I 1991 utgjorde de ca. 70 % av materialene som ble brukt i tannfyllinger. Bruken er imidlertid nedadgående, dels pga. bedre tannhygiene og bruk av fluor, dels pga. bruk av andre stoffer som tannfyllingsmateriale. De mest brukte erstatningsstoffene i Norge er plast, gull, porselen og glassionomerer.

Kvikksølv inngår i tannfyllingsmaterialer (dentalt amalgam) som metallisk kvikksølv. Kvikksølv-amalgamer består av ca. 40 - 50 % kvikksølv i blanding med 20 - 35 % sølv, ca. 15 % tinn og mindre mengder koppar og sink.

Ut fra opplysninger fra ulike forhandlere er salget av dentalt kvikksølv samlet beregnet til 620 kg i 1993.

Fra tannklinikene er det følgende utslipp av kvikksølv:

- Overskuddsamalgam - ikke anvendt, ferdig trituret amalgam
- Partikler i spytebakke og avløpssystem
 - * Overskuddsamalgam ved nye fyllinger
 - * Utborede fyllinger
- Forurensning av fast avfall som tamponger, vatt, tomme flasker og kapsler o.l.
- Uttrekte (ekstraherte) tenner.

Dessuten er det tilførsler av kvikksølv fra kremasjoner og jordfestelser.

Avfallssituasjonen ved tannlegekontorene har blitt lite endret de siste årene. Spytebakker og avløpssystemene er som regel forsynt med en grov sil, som fanger opp relativt store partikler. Ved noen kontorer (10 - 15 %) har man installert kvikksølvavskillere i vannavløpene.

TABELL 3.2: Forbruk og tilførsler av kvikksølv fra tannfyllingsmaterialer i 1985 og 1993

År	Kilde	Forbruk kg	Utslipp, kg			Nye fyllinger,kg	Avfall kg
			Vann	Luft	Jord		
1985	Nyrørt amalgam	2050	800	-	-	510	740
	Utplomberte fyllinger	-	725	-	-	-	725
	Uttrekte tenner	-	-	-	-	-	90
	Avdøde	-	-	70	155	-	-
	Sum	2050	1525	70	155	510	1555
1993	Nyrørt amalgam	620	160	-	-	310	150
	Utplomberte fyllinger	-	240	-	-	-	360
	Uttrekte tenner	-	-	-	-	-	90
	Avdøde	-	-	70	155	-	-
	Sum	620	400	70	155	310	600

- = Ingen tilførsel

Tabell 3.2 viser at det har vært ca. 70 % reduksjon av forbruket av amalgam med tilsvarende reduksjon i tilførselen til vann og avfall fra 1985 til i dag. Dette skyldes bedre tannhelse og overgang til andre materialer.

3.2.2.4 Alternativer

Alternativer til kvikksølvamalgamer som tannfyllingsmateriale er gitt i tabell 3.3.

TABELL 3.3: Alternativer til kvikksølvamalgamer, ref. /15/

Alternativ	Egenskaper	Økonomi	Merknader
Gull	Stor mekaniske styrke Stor korrosjonsmotstand Lang levetid	Inntil 10 ganger dyrere enn amalgam	Må støpes
Sølv	Mørkner ved oksidasjon		Ikke i vanlig bruk
Legering av sølv, kopper, tinn og germanium	God korrosjonsmotstand Biologisk akseptabel		Benyttes i Japan
Porselen/keramer	Fare for sprekke dannelse Stor mekanisk styrke Biologisk nøytral	Mer kostbar	Må støpes
Plastpolymere	Mindre mekanisk styrke Kan fås i naturlig farge Kan mørkne Fare for utvasking Fare for sekundære karies	Noe høyere kostnad	Mekanisk styrke kan forbedres ved tilsetning av f.eks. silikater.

Det fremgår av tabell 3.3 at det finnes alternativer som langt på vei kan erstatte bruken av kvikksølvamalgamer som tannfyllingsmaterialer, og disse er også tatt i bruk av tannlegene. Særlig plast har fått økt anvendelse. Alternativene er normalt mer kostbare. Det foregår en kontinuerlig utvikling for å forbedre plastmaterialenes egenskaper.

SFT har overfor Helsedirektoratet signalisert ønskeligheten av å komme frem til mer miljøvennlig tannfyllingsmaterialer og har bedt om at det utarbeides en plan for utfasing av kvikksølvamalgamer som tannfyllingsmaterialer.

Forskrift om amalgamholdig avløpsvann og amalgamholdig avfall fra tannklinikker og tannlegekontorer ble vedtatt 23.09.94. I henhold til denne skal alt amalgamholdig avløpsvann passere en amalgamavskiller og alt amalgamholdig avfall leveres spesialavfallssystemet fra senest 01.09.95. Amalgamavskillerne skal være godkjente og vil ha en renseeffekt på 95 % eller høyere. Basert på tallene for 1993 vil man derved få et utslipp til vann på ca. 20 kg/år. Samtidig vil så godt som alt amalgamholdig avfall (600 kg kvikksølv i 1993) bli innlevert til spesialavfallssystemet.

Det er fullt mulig å regenerere kvikksølv fra kvikksølv-amalgamer. K.A. Rasmussen drev slik virksomhet på Hamar, men har nedlagt denne. Avfallet må derfor eksporteres, bla. til Frankrike, for gjenvinning.

3.2.3 Batterier

3.2.3.1 Bruk, forbruk og tilførsler i 1993

Kvikksølv benyttes i batterier pga av sine elektrokjemiske egenskaper og for å forhindre selvutladning og gassdannelse.

Batterier kan grovt sett inndeles i to typer, rundceller og knappceller. Rundcellene (stavbatterier) (hovedsakelig brunstensbatterier, sink-karbon batterier og alkaliske mangandioksid-batterier) er i dag kvikksølvfrie, dvs. kvikksølvinnholdet er mindre enn 0,001 vektprosent kvikksølv. Stavbatterier med kvikksølvoksid og sølvoksid er bygget opp av de tilsvarende knappcellene.

Batteriforskriften fastsetter at fra 01.01.92 skal alle ikke ladbare alkaliske mangandioksidbatterier inneholde mindre enn 0,001 vektprosent kvikksølv. Fra 01.01.95 gjelder tilsvarende påbud alle typer batterier.

Hovedtyngden av kvikksølvforbruket i batterier skyldes i dag bruk av knappceller. I tabell 3.4 er gjengitt kvikksølvinnholdet og elektriske egenskaper i ulike typer knappceller.

I 1988 ble det regnet med følgende fordeling av nyrørt amalgam, ref. /10/:

- | | |
|--------------------------|-------|
| - Deponert i tennene | 25 % |
| - Innsamlet/regenerert | 27 % |
| - I fast avfall | 9 % |
| - Utslipp til avløpsnett | 39 %. |

Norsk Tannlegeforening, ref. /11/, oppgir at av nyrørt amalgam inngår nå 50 % i tennene. Med samme relative fordeling av det som går til avløpsnett og det som ender som fast avfall som i 1988, får man følgende fordeling av tilførselen av kvikksølv fra nyrørt amalgam i 1993:

- | | |
|--------------------------|---|
| - Deponert i tennene | 50 %, tilsvarende 310 kg kvikksølv |
| - Oppsamlet | 18 %, tilsvarende ca. 110 kg kvikksølv |
| - I fast avfall | 6 %, tilsvarende ca. 40 kg kvikksølv |
| - Utslipp til avløpsnett | 26 %, tilsvarende ca. 160 kg kvikksølv. |

I tillegg er det tilførsel av kvikksølv fra utplomberte fyllinger. I 1990 var mengden gammel amalgam 2.200 kg, tilsvarende 1.100 kg kvikksølv, ref. /11/. Dette tilsvarte ca. 70 % av forbruket av nyrørt amalgam. Det var sannsynligvis en noe større tendens til å erstatte gamle fyllinger med andre materialer i 1993 enn i 1990, ref. /12/. Man kan derfor anta at mengden kvikksølv fra utplomberte fyllinger i 1993 utgjorde ca. 600 kg. Det er antatt at ca. 60 %, dvs. ca. 360 kg kvikksølv samles opp og lagres eller leveres spesialavfallssystemet, mens resten går i avløp.

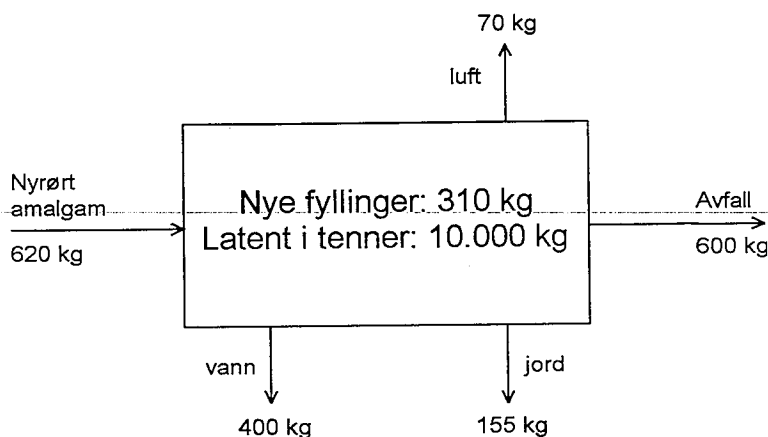
Uttrekte tenner representerer samlet en tilførsel på ca. 90 kg kvikksølv. Dette er beregnet på basis av at det i 1983 ble trukket ca. 240.000 tenner og at ca. halvparten inneholder plomber med gjennomsnittlig 0,75 g kvikksølv, ref. /11/. Dessverre finnes det ikke nyere registreringer av uttrukne tenner, ettersom Rikstrykdeverket ikke lenger refunderer kostnadene. Ca. halvparten av de uttrekte tennene antas levert til spesialavfallssystemet/lagres hos tannlegene, mens resten havner i det vanlige avfallet.

Fra kremasjoner var det et utslipp til luft på ca. 70 kg kvikksølv i 1993, beregnet ut fra ca. 14.000 kremasjoner i 1993 (13.756 i 1992, ref. /13/) og med et utslipp på ca. 5 g kvikksølv pr. kremasjon, ref. /14/. Ut fra ca. 45.000 dødsfall totalt, ref. /13/, beregnes en tilførsel til jord fra jordfestelser på ca. 155 kg kvikksølv.

Det er oppgitt at det årlig innleveres ca. 240 kg kvikksølvholdig avfall til de etablerte innsamlingssystemene for tannlegeavfall. Normalt vil dette avfallet bli eksportert til Sverige og derfra videre til Frankrike for rensing. I 1993 var det imidlertid ingen eksport av slikt avfall til Sverige i 1993.

Det er beregnet at det finnes i størrelsesorden 10.000 kg kvikksølv latent i norske folks tenner. Dette er beregnet ut fra at 3,5 mill. nordmenn i gjennomsnitt har 4 amalgamfyllinger med 0,75 g kvikksølv, ref. /11/.

Oppsummert får man følgende materialstrøm for kvikksølv i tannfyllingsmaterialer i 1993:



3.2.2.2 Forbruk og tilførsler av kvikksølv i 1985

I 1977 ble det solgt ca. 2.600 kg kvikksølv i ny amalgam, ref. /3/ og i 1988 ca. 1.900 kg kvikksølv, ref. /10/. Ved å anta at reduksjonen i salget var lineær kommer man frem til at det i 1985 ble solgt ca. 2.050 kg kvikksølv til nyrørt amalgam. Med tilsvarende fordeling som i 1988 tilsvarer dette ca. 510 kg kvikksølv deponert i tennene, ca. 800 kg kvikksølv som utslipp til vann, ca. 550 kg kvikksølv innsamlet/regenert og ca. 190 kg kvikksølv til fast avfall.

Som redegjort for i kapittel 3.2.2.1, kan man regne med at utplomberte fyllinger utgjorde ca. 70 % av kvikksølvmengden i nyrørt amalgam, dvs. ca. 1.450 kg kvikksølv i 1985. Ca. halvparten av denne kvikksølvmengden ble samlet opp/regenert, mens resten ble ledet til avløpssystemet.

Når det gjelder kvikksølvtilførslene fra uttrekte tenner, bygger anslaget på antall uttrekte tenner i 1983 (240.000), hvorav halvparten inneholdt amalgamfyllinger med 0,75 g kvikksølv. Dette blir altså samme mengden som i 1993, og man kan anta at halvparten ble oppsamlet og levert til regenerering. Fordi antall dødsfall og antall kremasjoner har vært nokså stabilt fra 1983 til 1993 er også anslagene av kvikksølvtilførslene herfra de samme som i 1993.

Samlet fikk man i 1985 1.555 kg kvikksølv som avfall. Ut fra antagelsene ovenfor ble ca. 1.320 kg av kvikksølvavfallet samlet opp og regenert og resten tilført kommunalt avfall.

3.2.2.3 Oppsummering forbruk og tilførsler i 1985 og 1993

I tabell 3.2 er gitt en oppsummering av forbruk og tilførslene av kvikksølv fra tannfyllingsmaterialer i 1985 og 1993.

TABELL 3.4: Kvikksølvinnhold og anvendelsesområder av knappceller, ref. /15/ og /16/

Batteritype	Kvikksølvinnhold vekt -%	Egenskaper	Anvendelsesområder
Kvikksølvoksid	30	Spenning: 1,3-1,4 pr. celle Energitetthet: 400-520 mm Wh/cm ³	Høreapparater, fotoutstyr, personsøkere, klokker
Sink-luft	1	Spenning: 1,4 V pr. celle Energitetthet: 650-800 mm Wh/cm ³	Høreapparater, teknisk bruk
Sølvoksid	0,4	Spenning: 1,55 V pr. celle Energitetthet: 350-650 mm Wh/cm ³	Fotoutstyr, klokker, høreapparater, lommekalkulator, måleinstrumenter, elektroniske spill
Alkaliske	0,2	Spenning: 1,5 V pr. celle Energitetthet: 200-300 mm Wh/cm ³	Fotoutstyr, lommeregner, klokker
Sink-karbon	0,001	Spenning: 1,5 V pr. celle Energitetthet: 120-190 mm Wh/cm ³	
Nikkel-kadmium	0	Ikke miljømessig akseptabel	Elektrisk utstyr, radio, leker, etc.
Litium	0	Spenning: 1,5-3,6 V /celle Energitetthet: 650-800 mm Wh/cm ³	Fotoutstyr, lommeregner, klokker, måleinstrumenter

I Utenriksstatistikken er import minus eksport (salg) i 1993 oppgitt til 7,9 tonn kvikksølvoksidbatterier og 40 tonn sølvoksidbatterier. For de øvrige batteritypene er det ikke gitt tall for mengden av hver enkelt type. Dessverre viser det seg at disse mengdeanslagene sannsynligvis også inkluderer emballasje, i det de mengder den enkelte forhandler oppgir for salg av batterier ikke stemmer med dataene fra Utenriksstatistikken.

Basert på opplysninger om de ulike produsentenes salg i Norge får man et samlet salg av kvikksølv fra knappceller på ca. 420 kg i 1993. Batteriforeningen Norge opplyser at deres medlemmer har hatt et salg i 1993 som tilsvarer ca. 320 kg kvikksølv. Disse forhandlerne står for mellom 75 og 90 % av salget av de ulike batteritypene. Totalsalget kan også ut fra dette beregnes til ca. 420 kg kvikksølv. Av dette representerer salget av kvikksølvoksid-knappceller ca. 400 kg. Det er uklart om totaltallet også inkluderer innmonterte batterier. I tillegg kan man regne med ca. 10 kg kvikksølv fra stavbatteriene, dvs. totalt 430 kg kvikksølv fra batterier i 1993.

De fleste batterier er relativt kortlivede produkter, slik at man kan anta at salg og tilførsel som avfall er tilnærmet lik. Dette gir en tilførsel som avfall i 1993 på 430 kg kvikksølv.

Det er fastsatt forskrifter som pålegger forhandlerne av merkepliktige batterier (vil gjelde alle knappceller unntatt litium) å ta tilsvarende type batterier i retur. Urmakere, høre-

sentraler og andre har således etablert egne innsamlingsordninger. I tillegg har flere kommuner etablert miljøstasjoner hvor også batterier kan innleveres. Batteriene blir deretter levert godkjente mottakere i Spesialavfallssystemet.

Generelt har man dårlige data for hvor stor mengde kvikksølv de innleverte batteriene representerer. Renor oppgir å ha mottatt 68 tonn småbatterier i 1993, men har ikke tall på hvor mange av disse som var merkepliktige eller hvilke kvikksølv-/kadmium-mengder det dreier seg om. (Norsas har opplyst at man generelt har funnet at 60-70 % av de batteriene som leveres inn er ikke-merkepliktige batterier). Det er sannsynligvis ikke urimelig å anta at ca. 50 % av de ulike kvikksølvholdige batteriene blir samlet inn separat. Resten tilføres det kommunale avfallet.

Innsamlede batterier blir lagret i Norge i påvente av behandlingsmuligheter.

3.2.3.2 Bruk og tilførsler i 1985

Mengden kvikksølv i batterier i 1985 var ca. 3 tonn, ref. /17/. Det var den gang ikke satt i gang separat innsamling av batteriene. Alt ble følgelig tilført avfallet.

3.2.3.3 Oppsummering av forbruk og tilførsler i 1985 og 1993

I tabell 3.5 er gitt en oppsummering av forbruk og tilførslene av kvikksølv fra batterier i 1985 og 1993.

TABELL 3.5: Forbruk og tilførsler av kvikksølv fra batterier i 1985 og 1993

År	Forbruk kg	Utslipp vann kg	Utslipp luft kg	Utslipp jord kg	Latent kg	Avfall kg
1985	3.000	-	-	-	u	3.000
1993	430	-	-	-	u	430

u = Ukjent

- = Ingen tilførsel

Som nevnt ble alle batterier tilført det kommunale avfallet i 1985. For 1993 regnes det med at ca. halvparten tas hånd om separat, og altså ikke tilføres det kommunale avfallssystemet.

Det har vært en reduksjon på ca. 85 % i bruken av kvikksølv i batterier fra 1985 og til 1993. Dette skyldes først og fremst at kvikksølvinnholdet i brunstensbatterier og alkaliske mangandioksiddbatterier er redusert og at disse nå fremstår som kvikksølvfrie.

3.2.3.4 Alternativer

De fleste rundceller er enten kvikksølvfrie eller har et lavt kvikksølvinnhold. De tilfredsstiller batteriforskriftens bestemmelser om at alle batterier etter 01.01.95 ikke skal inneholde mer enn 0,001 vektprosent kvikksølv. Det er således ikke nødvendig å redusere

kvikksølvinnholdet eller vurdere alternativer for disse. Derimot må man vurdere alternativer for de fleste knappceller og batterier som er bygget opp av knappceller.

I tabell 3.4 er gjengitt de elektriske egenskapene til de ulike batteritypene. Overgang fra et kjemisk system til et annet vil kun være mulig dersom utladningskarakteristikker, strøm, pulsstrøm og spenningsområde er like.

Av tabell 3.4 går det således frem at kvikksølvoksid-batteriene langt på vei kan erstattes av sink-luft, sølvoksid og alkaliske batterier. Sink-luftbatteriene har da også i stor utstrekning erstattet kvikksølvoksidbatteriene i høreapparater. For visse typer høreapparater (vanntette, benforankrede) vil det imidlertid være vanskelig å gå helt bort fra kvikksølvoksid batterier. For enkelte personsøkere kan kvikksølvoksid erstattes med alkaliske batterier, og i telemetri av sink-luft og litiumbatterier.

Den europeiske batteriindustrien har vedtatt å trekke kvikksølvoksidbatterier ut av det europeiske markedet fra utgangen av 1996, unntagen for spesielle bruksområder som høreapparater og til militære formål. Fra slutten av 1998 vil kvikksølvoksidbatteriene være fullstendig ute av det europeiske markedet. Enkelte norske importører har opplyst at de vil stoppe all import/omsetning av kvikksølvoksidbatterier innen utgangen av 1994, i samsvar med krav i Batteriforskriften. Enkelte produsenter vil stoppe produksjonen, men vil til en viss grad kjøpe av andre.

Sølvoksidknappceller kan for noen bruksområder erstattes av alkaliske batterier eller litiumbatterier.

Det har foregått forskning og utvikling for å gjøre de øvrige knappcellene kvikksølvfrie. Man har imidlertid møtt tekniske problemer, bl.a. når det gjelder utladningskarakteristikker og gassdannelse.

Over tid synes det ikke å være store problemer forbundet med å fase ut bruken av kvikksølvoksid-batterier, noe den europeiske batteriindustrien kan sies å ha tatt konsekvensen av. Ved dette vil kvikksølvmengden knyttet til bruk av batterier bli redusert til under 50 kg/år.

For de øvrige kvikksølvholdige batteriene synes det ennå ikke å være fullgode kvikksølvfrie alternativer, og ytterligere forskning og utvikling må skje før kvikksølvinnholdet kan reduseres.

3.2.4 Termometre

3.2.4.1 Bruk, forbruk og tilførsler i 1993

Kvikksølv brukes i termometre fordi det utvider seg lineært over et stort temperaturområde, fra ca. - 38 °C til + 650-700 °C. Hovedbruksområdet for kvikksølvtermometre er som febertermometre for mennesker og dyr og som industrielle termometre for overvåking og kontroll.

Salget av kvikksølvholdige termometre viser en sterk nedadgående tendens. Dette gjelder både febertermometre og termometre til andre formål (minimum - maksimum termometre, industritermometre, laboratoritermometre og andre spesialtermometre).

Basert på opplysninger fra forhandlerne ble det i 1993 omsatt febertermometre inneholdende ca. 75 kg kvikksølv (0,8 g kvikksølv pr. stk.) og andre termotermålere inneholdende ca. 25 kg kvikksølv. Tilsvarende tall for 1988 var 340 kg og 90 kg, dvs. nedgangen i salget i denne perioden var på ca. 70 %. Nedgangen skyldes overgang til elektroniske termometre og termometre som inneholder inert gas (nitrogen), kunstoljer, bimetaller o.a., samt at mengden kvikksølv i febertermometre har blitt redusert fra ca. 2 g/termometer til 0,8 g/termometer.

I tidligere oversikter, ref. /17/, er det oppgitt at kvikksølvinnholdet i termometre i 1990 var 750 kg, fordelt på ca. 400 kg fra febertermometre og ca. 350 kg fra andre termometre. Dette er beregnet ut fra data i Utenriksstatistikken. Tilsvarende beregning for 1993 gir 60 kg kvikksølv fra febertermometre og 150 kg fra andre termotermålere. (For andre termometre, varegruppe 9025.1109, er det antatt at 5 % er kvikksølvholdige og inneholder gjennomsnittlig 5 g kvikksølv pr. stk.).

For febertermometre har man for 1993 en rimelig god overensstemmelse mellom de to ulike beregningsmetodene, og man har ved forespørselen til forhandlerne fått dekket opp salget i 1993.

For andre termometre har man ved å bruke de to ulike måtene å bestemme kvikksølv-mengden på, kommet til at disse termometrene representerte mellom 25 og 150 kg kvikksølv i 1993. For beregningen ut fra statistikken har man vært nødt til å foreta visse antagelser, som kan være riktig for visse termometertyper, men ikke for andre. På den annen side har man neppe dekket opp alle forhandlere av termometre ved den direkte forespørselen. Det kan være rimelig å anta at man har fått dekket opp ca. 50 % av salget av andre termotermålere ved forespørselen til forhandlerne. Andre termometre representerer derved et forbruk på 50 kg kvikksølv. Totalt får man da et kvikksølvforbruk på 125 kg fra termometre i 1993.

Termometre vil generelt være langlivede produkter. Det er rimelig å anta at nyanskaffelsene går til erstatning av kasserte termometre. Man kan derfor anta at minst 125 kg kvikksølv ble tilført miljøet fra bruk av termotermålere. (Sannsynligvis er tallet noe høyere fordi kvikksølvholdige målere erstattes av ikke-kvikksølvholdige målere).

Ved brekkasje og utskiftning er det antatt at ca. 30 % av kvikksølvet i termometre tilføres luft, og at resten havner som avfall, enten i spesialavfallssystemet eller i det kommunale avfallet.

Norsk Medisinaldepot (NMD) har en returordning av kvikksølvholdige termometre, som de fleste sykehus, leger og apotek benytter seg av. Privatpersoner kan levere sine kasserte termometre til miljøstasjoner eller apotekene. NMD leverer termometrene inklusive emballasje til Renor. I 1993 ble det ikke innlevert noe fra NMD til Renor, slik at eventuelt innsamlet foreløpig er lagret.

Det er ikke gjort noen vurdering av hvor mye kvikksølv man totalt har i omløp i Norge fra termometre. Fordi man nå har en sterk tendens til overgang til termometre som ikke inneholder kvikksølv, vil mengden gradvis minke.

3.2.4.2 Forbruk og tilførsler i 1985

I 1985 ble det solgt ca. 420.000 febertermometre i Norge, ref. /10/. Ved å anta at 60 % er kvikksølvtermometre og at disse inneholder 2 g kvikksølv pr. stk. (samme antagelser som i 1988) får man et kvikksølvforbruk på ca. 500 kg i 1985.

I 1985 ble det videre solgt ca. 875.000 stk. andre termometre og termografer. Ved å anta at ca. 800.000 er termometre og at 10 % er kvikksølvholdig som inneholder i gjennomsnitt 5 g kvikksølv pr. stk. (samme antagelser som i 1988), får man et kvikksølvforbruk for andre termometre på ca. 400 kg.

3.2.4.3 Oppsummering forbruk og tilførsler i 1985 og 1993

I tabell 3.6 er gitt en oppsummering av forbruk og tilførsler av kvikksølv fra termometre i 1985 og 1993.

TABELL 3.6: Forbruk og tilførsler av kvikksølv fra termometre i 1985 og 1993

År	Forbruk kg	Utslipp, vann kg	Utslipp, luft kg	Utslipp, jord kg	Latent kg	Avfall kg
1985	900	450	270	-	u	180
1993	125	-	35	-	u	90

- = Ingen tilførsel

u = Ukjent

Tabell 3.6 viser at også for kvikksølvholdige termometre har det vært en betydelig reduksjon i forbruket, ca. 85 %, med tilsvarende reduksjon i de samlede tilførslene.

Det er tidligere angitt at tilførselen fra termometre var samlet ca. 2.000 kg i 1985, ref. /17/. Dette synes å være beregnet på samme måte som i 1977, ref. /3/. Da ble alle febertermometre antatt å være kvikksølvholdige, og dette tilsvarte 840 kg i 1985. I tillegg ble 95 % av andre termometre og termografer antatt å være termometre. 50 % av disse ble antatt å være kvikksølvholdige med et gjennomsnittlig kvikksølvinnhold på 2,5 g, tilsvarende 1.050 kg. Til sammen får man da ca. 2.000 kg for 1985.

3.2.4.4 Alternativer

Febertermometre

Såvel feberplaster, elektroniske termometre og alkohol kan erstatte kvikksølvholdige febertermometre. Innen helsevesenet er de kvikksølvholdige termometrene erstattet av elektroniske øretermometre, elektroniske rektale og orale termometre. Alle disse termometrene har adskillig lengre levetid enn kvikksølvtermometrene. For disse gjelder følgende stykkpriser:

- Elektroniske øretermometre: 4.000 - 6.000 kr.
- Elektroniske rektale termometre: 50 - 100 kr.
- Elektroniske orale termometre: 3.000 kr.

I tillegg kommer engangsprøvehetter til 10 - 50 øre pr. stk. Til sammenligning koster de tradisjonelle kvikksølvholdige termometrene ca. 20 kr. pr. stk.

Febertermometre til bruk på dyr omsettes i begrenset omfang. Til større dyr benyttes fortsatt kvikksølvholdige termometre, mens man på smådyrklinikkene til en viss grad har gått over til elektroniske (digitale) termometre. Disse er 5 - 8 ganger dyrere enn tilsvarende kvikksølvholdige termometre (115 - 225 kr. for de elektroniske).

Andre temperaturmålere

I tabell 3.7 er gitt en oppstilling av alternativer til kvikksølvholdige termometre.

TABELL 3.7: Alternativer til kvikksølvholdige termometre, ref. /15/

Alternativ	Aktuelt temperaturintervall, °C	Merknader
Elektroniske		
- Termoelementer	- 250 - + 160	Stor nøyaktighet ved riktig kalibrering
- Motstandselementer	- 220 - + 650	Stor nøyaktighet
- Termistorer	- 185 - + 315	Stor nøyaktighet
Strålingspyrometre		
- Optiske/infrarød	- 400 - + 3600	Lav nøyaktighet God til overflatemålinger
Ekspansjonstermometre		
- Alkohol/pentan	- 200 - + 120	Ikke lineær ekspansjon
- Bimetal, Ni/Fe	- 40 - + 425	Begrenset nøyaktighet
- Gasstrykk	- 20 - + 800	Begrenset nøyaktighet Ikke lineær utvidelse Ustabil i bruk

Det fremgår av tabell 3.7 at det er mulig å finne adekvate alternativer for de fleste bruksområder. Brukerne har da også langt på vei erstattet sine kvikksølvholdige termometre med elektroniske (digitale) termometre samt termometre inneholdende inert gass (nitrogen), kunstoljer, alkohol og bimetaller. Prisene varierer sterkt. Normalt vil de nye termometrene være dyrere enn de tradisjonelle kvikksølvtermometrene. Samtidig har de lengre levetid.

Et forslag til forskrift om forbud mot kvikksølvholdige termometre var på høring i 1993. I henhold til dette vil det være forbudt å importere, produsere, eksportere og omsette kvikksølvholdige termometre, med unntak av termometre for meteorologiske, hydrologiske og oseanografiske målinger, samt for kontroll og kalibrering av laboratorier. Den samfunnsmessige kostnaden i forbindelse med gjennomføring og håndhevelse av forskriften ble beregnet til ca. 19 mill. kr. over 20 år. Forslaget til forskrift, generell oppmerksomhet om kvikksølv og alternative temperaturmålere fortrinn har, som nevnt, ført til en betydelig reduksjon i bruken av kvikksølvholdige termometre.

3.2.5 Lyskilder

3.2.5.1 Bruk, forbruk og tilførsler i 1993

Kvikksølv i dampform benyttes i ulike typer lyskilder, så som lysstoffrør (lysrør), kompaktør, kvikksølvdamplamper, lysreklamer, plasmaskjermer til bærbare PC-er, solariør, etc. Lysrør står for den største bruken.

Det teoretisk nødvendige innhold av kvikksølv i lysrør er avhengig av kvikksølvs damptrykk og rørets dimensjon og effekt. Pga. tekniske problemer med å tilføre kvikksølv i rørene er kvikksølvinnholdet i dag høyere enn teoretisk nødvendig. Hvert lysstoffrør inneholder 10-15 mg kvikksølv. Fra 1995/96 vil kvikksølvinnholdet bli redusert til 3 mg pr. rør. I spesielle lamper kan kvikksølvinnholdet være høyere.

Ut fra opplysninger fra forhandlerne om salg og markedsandeler kan man beregne at det ble solgt noe over 6 mill. lysrør og ca. 1.5 mill kompaktlysrør i 1993. Dette utgjør til sammen en kvikksølvmengde på ca. 110 kg. Salget av kvikksølvholdige damplamper og av natriumdampplamper var i 1993 henholdsvis 300 - 400.000 og ca. 200.000. Dette utgjør et kvikksølvforbruk på 10-15 kg. I tillegg kommer ca. 10 kg fra lysreklame, dvs. til sammen et forbruk på ca. 130 kg kvikksølv.

Det årlige salget av lysrør og andre kvikksølvholdige lyskilder går stort sett til utskifting av utbrukte. Disse vil ende som avfall, dvs. i 1993 ble til sammen ca. 130 kg kvikksølv tilført avfallet.

Det er ingen fullverdig spesialavfallsordning for lysstoffrør. Oslo Renholdsverk har opplyst at de samler inn for eksport til Sverige ca. 200.000 rør pr. år, tilsvarende ca. 3 kg kvikksølv. Tilsvarende innsamling finnes også i Bergen, og lysrør kan innleveres i de kommunale miljøstasjonene. Det er imidlertid rimelig å anta at mer enn 90 % av alle lysstoffrør som skiftes ut, inngår i ordinært avfall.

Totalt regner man med at det finnes 25-30 mill. lysstoffrør i bruk i Norge, tilsvarende 375 - 450 kg kvikksølv totalt. Det synes ikke å være noen massiv overgang til andre lyskilder. Når nye kvikksølvfattige lysstoffrør kommer på markedet, vil man i løpet av 4 år (levetiden på rør) komme ned til en kvikksølvmengde på 75 - 90 kg i omløp.

3.2.5.2 Forbruk og tilførsler i 1985

I 1977 ble det solgt 4 mill. lysrør, ref. /3/, og i 1988 7 mill. lysrør og kompaktlysrør, ref. /10/. Ved en lineær vekst i salget var salget ca. 6 mill. lysrør i 1985. Kvikksølvinnholdet pr. lysrør er gradvis blitt redusert, fra gjennomsnittlig ca. 30 mg/stk. i 1977 til ca. 16 mg/stk. i 1988, og kan beregnes til ca. 20 mg/stk. i 1985. Tilførselen av kvikksølv fra lysrør i 1985 var da 120 kg.

Salget av kvikksølvdamplamper var ca. 230.000 i 1977, ref. /3/, og ca. 400.000 i 1988, ref. /10/. I 1985 var det ca. 350.000, forutsatt en lineær vekst. Dette tilsvarer et kvikksølvforbruk og tilførsel på ca. 10 kg i 1985. I tillegg kommer ca. 30 kg i neonrør og andre lyskilder. Samlet tilførsel i 1985 var da ca. 160 kg til avfall.

3.2.5.3 Oppsummering forbruk og tilførsler i 1985 og 1993

I tabell 3.8 er gitt en oppsummering av forbruk og tilførsler av kvikksølv fra lyskilder i 1985 og 1993.

TABELL 3.8: Forbruk og tilførsler av kvikksølv fra lyskilder i 1985 og 1993

År	Forbruk kg	Utslipp vann kg	Utslipp luft kg	Utslipp jord kg	Latent kg	Avfall kg
1985	160	-	-	-	u	160
1993	130	-	-	-	400	130

u = Ukjent

- = Ingen tilførsel

Det har altså vært en relativ liten, ca. 20 %, reduksjon i bruken og tilførslene av kvikksølv i lysrør. Denne reduksjonen skyldes hovedsakelig at kvikksølvmengden i hvert lysrør har blitt noe mindre.

3.2.5.4 Alternativer

Det er i dag ingen adekvate alternativer til lysrøret og ingen kommersiell teknikk for produksjon av kvikksølvfrie rør, ref. /15/. For rombelysning kan man benytte ordinære glødelamper, men disse er noe mer energikrevende. Lavtrykks natriumlamper kan i noen tilfeller erstatte kvikksølvholdige utladningslamper.

Bransjen har opplyst at fra 1995/96 vil kvikksølvmengden i lysstoffrørene reduseres til 3 mg pr. rør, dvs. en reduksjon på 80 %. Prismessig vil disse lampene komme likt ut som de eksisterende.

3.2.6 Blodtrykksmålere

3.2.6.1 Bruk, forbruk og tilførsler i 1993

Tradisjonelt har man benyttet kvikksølvholdige trykkmålere til måling av blodtrykk. Selve utstyret består av et manometer med en kvikksølvsøyle, en mansjett til armen, samt en ballong for å blåse opp mansjetten. Leverandørene av målerne har ikke oppgitt eksakte verdier for innholdet av kvikksølv i blodtrykksmålerne, og anslagene av gjennomsnittsverdier varierer fra 27 g, ref. /15/, til 225 g pr. stk., ref. /18/.

En relativt omfattende telefonundersøkelse er utført med hensyn til bruk og salg av kvikksølvholdige blodtrykksmålere. Undersøkelsen har vært rettet mot sykehus, privatpraktiserende leger og forhandlere/importører. I tillegg har enkelte andre institusjoner som AF (Apotekernes Fællesindkjøp), NMD (Norsk Medisinaldepot) og Tollvesenet blitt kontaktet.

Av de 9 forespurte sykehusene gav 7 anslag over mengdene kvikksølv i omløp, tilført til luft (svinn) og til spesialavfallssystemet, samlet henholdsvis ca. 220 kg, ca. 5 kg og

ca. 3 kg. Ut fra disse anslagene er de tilsvarende mengdene for de resterende sykehusene og for privatpraktiserende leger beregnet til samlet ca. 480 kg i omløp, ca. 12 kg tilført luft og ca. 8 kg samlet opp og lagret/levert spesialavfallssystemet. Dette gir samlet ca. 700 kg kvikksølv i omløp, ca. 20 kg som svinn til luft og ca. 10 kg som avfall.

Langt de fleste sykehusene har opplyst at de er i ferd med en gradvis overgang til kvikksølvfrie blodtrykksmålere. Denne tendensen blir bekreftet av forhandlerne, hvor det nå er kun to som selger kvikksølvholdige blodtrykksmålere. Disse har oppgitt et salg på 120 stk. i 1993, tilsvarende en kvikksølvmengde på 30 kg.

Det er etablert systemer for service og rensing av blodtrykksmålere. Kasserte kvikksølvholdige apparater tømmes for kvikksølv. Dette kvikksølvet blir renset og tilført apparater i forbindelse med service, eller levert spesialavfallssystemet.

3.2.6.2 Forbruk og tilførsler i 1985

I 1997 ble det regnet med et tap fra alle kvikksølvholdige målere samlet på 500 kg kvikksølv, hvorav 225 kg ble regenerert, ref. /3/. Det er ikke gitt eksplisitte data for blodtrykksmålere. I 1988 ble det solgt 615 blodtrykksmålere, hver med 70-80 g kvikksølv, tilsvarende ca. 50 kg kvikksølv, ref. /10/.

I mangel av bedre tall for 1985 antas samlet tilførsel å være som i 1988, med tilsvarende fordeling på luft og avfall (regenerering) som i 1993, dvs. et forbruk på ca. 50 kg kvikksølv, fordelt med ca. 30 kg til luft og ca. 20 kg til avfall.

3.2.6.3 Oppsummering forbruk og tilførsler i 1985 og 1993

I tabell 3.9 er gitt en oppsummering av forbruk og tilførsler av kvikksølv fra blodtrykksmålere i 1985 og 1993.

TABELL 3.9: Tilførsel av kvikksølv fra blodtrykksmålere i 1985 og 1993

År	Forbruk kg	Utslipp, vann kg	Utslipp, luft kg	Utslipp, jord kg	Latent kg	Avfall kg
1985	50	-	30	-	u	20
1993	30	-	20	-	700	10

u = Ukjent

- = Ingen tilførsel

Det har vært en viss reduksjon, ca. 40 %, i forbruket av kvikksølv i blodtrykksmålere og derved i tilførslene til vann og luft. Denne tendensen ser ut til å fortsette fremover etter som de fleste sykehusene melder om overgang til andre målere.

3.2.6.4 Alternativer

I tabell 3.10 er gjengitt alternativene til kvikksølvholdige blodtrykksmålere.

TABELL 3.10: Alternative blodtrykksmålere

Alternativ	Tekniske egenskaper	Økonomi
Aneroide	Samme spesifikasjoner Noe mindre nøyaktighet Pålitelige Tåler tøff behandling	Omtrent samme pris som kvikksølvholdige, (kr. 1000,- - 1500,- for bordmodeller, kr. 500 for håndmodeller)
Digitale/elektroniske	Brukes til mer spesialiserte funksjoner	Generelt mer kostbar, kr.1500,- - 50.000,-.
Ultralyd	Mindre nøyaktig	Billigere

Det er en klar trend at kvikksølvholdige blodtrykksmålere er på vei ut av markedet. De erstattes i hovedsak av aneroidmålere. Digitale (elektroniske) målere brukes også, men i mindre omfang og gjerne til mer spesialiserte funksjoner, bl.a. kan man måle flere pasienter samtidig.

3.2.7 Andre målere

3.2.7.1 Bruk, forbruk og tilførsler i 1993

De fleste leverandører og brukere av barometre, partikkeltellere, oppgir at det var få eller ingen nyanskaffelser i 1993. Totalt er det opplyst at det ble solgt ca. 2 kg kvikksølv i barometre i 1993 og ca. 10 kg i partikkeltellere. Ut over dette har ingen av de forespurte forhandlerne av laboratorieutstyr oppgitt salg av kvikksølvholdige laboratorieinstrumenter. Ut fra dette anslås at totalt ble ca. 20 kg kvikksølv solgt i ulike målere i 1993.

Salget av nye målere antas å ha gått til erstatning for kasserte apparater. Tilsvarende mengde kvikksølv, dvs. ca. 20 kg er derved tilført som avfall, sannsynligvis til spesialavfallssystemet

Meteorologisk institutt opplyser at de har ca. 270 kg kvikksølv i bruk i barometre i sitt stasjonsnett, og at det ikke har vært svinn av kvikksølv fra disse de siste 10 årene.

Det har ikke vært gjort noe forsøk på å beregne mengden kvikksølv i omløp ved bruk av ulike målere.

3.2.7.2 Forbruk og tilførsler av kvikksølv i 1985

Som nevnt i kapittel 3.2.6.2 ble det i 1977 regnet med et samlet netto tap fra ulike målere på 275 kg kvikksølv. I 1988 fant man et salg på ca. 15 kg kvikksølv i diverse trykkmåleutstyr og ca. 15 kg i gyrokompass, ref. /10/.

Det antas at man hadde tilsvarende forbruk 1985 som 1988, nemlig ca. 30 kg, og at alt kvikksølv ble tilført avfallet med kasserte apparater.

3.2.7.3 Oppsummering forbruk og tilførsler i 1985 og 1993

I tabell 3.11 er gitt en oppsummering av forbruk og tilførsler av kvikksølv fra andre målere i 1985 og 1993.

TABELL 3.11: Forbruk og tilførsler av kvikksølv fra andre målere i 1985 og 1993

År	Forbruk kg	Utslipp vann kg	Utslipp luft kg	Utslipp jord kg	Latent kg	Avfall kg
1985	30	-	-	-	u	30
1993	20	-	-	-	u	20

u = ukjent

- = Ingen tilførsel

Det har vært en 30 % reduksjon i forbruket av kvikksølv i andre målere med tilsvarende reduksjon i mengden tilført avfallet.

3.2.7.4 Alternativer

Det finnes elektroniske barometre på markedet. Disse er noe dyrere enn de kvikksølvholdige.

For partikkeltelling finnes det et fotoelektrisk alternativ. Det synes imidlertid ikke å være aktuelt å erstatte de kvikksølvholdige partikkeltellerne med annet utstyr, idet de kvikksølvholdige anses for å være den beste tekniske løsningen.

3.2.8 Nivåvippebrytere

3.2.8.1 Bruk, forbruk og tilførsler i 1993

Kvikksølv har vært brukt i releer og elektriske brytere fordi det har høy elektrisk ledningsevne og er flytende ved romtemperatur. Disse reléene og bryterne har lang levetid pga. lav korrosjon, og de er stabile og pålitelige i bruk.

For de fleste bruksområder har bruken av kvikksølvholdige brytere blitt sterkt redusert de siste årene, fordi det er utviklet tilfredsstillende alternativer. Flere forhandlere oppgir at de ikke har solgt kvikksølvholdige nivåvippebrytere i 1993. Samlet ble det solgt ca. 5 kg kvikksølv i nivåvippebrytere i 1993.

Salget av nye nivåvippebrytere antas å gå til erstatning for gamle som derved ender som avfall, dvs. ca. 5 kg kvikksølv ble tilført avfallet i 1993. Sannsynligvis er mengden som tilføres avfallet, høyere, idet andre typer erstatter de gamle. I tillegg vil det være

kvikksølvholdige nivåvippebrytere i utrangerte biler. Dette kvikksølvet vil bli sluppet ut til luft ved omsmelting av skrapjern (se kapittel 3.4.6).

3.2.8.2 Tilførsel i 1985

I 1988 ble det solgt ca. 50 kg kvikksølv i nivåvippebrytere, ref. /10/. Det antas at samme mengden ble solgt og tilført miljøet som avfall i 1985.

3.2.8.3 Oppsummering forbruk og tilførsler i 1985 og 1993

I tabell 3.12 er gitt en oppsummering av forbruk og tilførsler av kvikksølv fra nivåvippebrytere i 1985 og 1993.

TABELL 3.12: Forbruk og tilførsler av kvikksølv fra nivåvippebrytere i 1985 og 1993

År	Forbruk kg	Utslipp vann kg	Utslipp luft kg	Utslipp jord kg	Latent kg	Avfall kg
1985	50	-	-	-	u	50
1993	5	-	-	-	u	5

u = Ukjent

- = Ingen tilførsel

Det har vært en 60 % reduksjon av forbruket av kvikksølv i nivåvippebrytere fra 1985 til 1993, med tilsvarende reduksjon av tilførsel til avfallet.

3.2.8.4 Alternativer

Som nevnt er nesten all bruk av kvikksølvholdige nivåvippebrytere opphørt. De er erstattet av mekanisk/elektroniske brytere (stålkule med mikrobryter) og av magnetiske målere. Disse er rimeligere (ca. kr. 700,- pr. stk.) enn de kvikksølvholdige brytere (ca. 1.000 kr. pr. stk.).

3.2.9 Oppsummering

I tabell 3.13 er gitt en oppsummering av forbruk og tilførsler fra bruk av kvikksølv i produkter i 1985 og 1993.

TABELL 3.13: Forbruk og tilførsler av kvikksølv fra bruk av metallisk kvikksølv i produkter

År	Kilde	Forbruk kg	Utslipp vann kg	Utslipp luft kg	Utslipp jord kg	Latent kg	Avfall kg
1985	Tannfyllings-materialer	2.050	1.525	70	155	510	1.555
	Batterier	3.000	-	-	-	u	3.000
	Termometre	900	450	270	-	u	180
	Lyskilder	160	-	-	-	u	160
	Blodtrykks-målere	50	-	30	-	u	20
	Andre målere	30	-	-	-	u	30
	Nivåvippe-brytere	50	-	-	-	u	50
	Sum	6.240	1.980	370	155	u	4.995
1993	Tannfyllings-materialer	620	400	70	155	310	600
	Batterier	430	-	-	-	-	430
	Termometre	125	-	35	-	-	90
	Lyskilder	130	-	-	-	u	130
	Blodtrykks-målere	30	-	20	-	700	10
	Andre målere	20	-	-	-	u	20
	Nivåvippe-brytere	5	-	-	-	u	5
	Sum	1.360	400	125	155	u	1.285
%-reduksjon		80	80	70	0		75

Tabell 3.13 viser at forbruket av metallisk kvikksølv i produkter er redusert med ca. 80 % fra 1985 til 1993. Den tilhørende reduksjon av utslipp til luft og vann og av tilførsel til avfall er 70 - 75 %.

3.3 Bruk av kjemiske forbindelser av kvikksølv

3.3.1 Generelt

Ulike kvikksølvforbindelser har vært brukt som plantevernmidler, i medisiner og til laboratorieformål. Bruken som plantevernmidler ble forbudt fra 01.12.91. I følge Norsk Medisinaldepot er kvikksølv nå ikke lenger i bruk i medisiner.

I 1977 ble det beregnet at ca. 400 kg kvikksølv ble tilført jord fra bruk av kvikksølvholdige plantevernmidler. Den medisinske bruken ble da beregnet til ca. 60 kg, ref. /3/. I 1988 ble det beregnet et forbruk på mindre enn 2 kg kvikksølv til legemidler, ref. /10/.

I 1985 ble det omsatt ca. 1500 kg metoksymetylkvikksølvacetat som soppmiddel, tilsvarende ca. 950 kg kvikksølv, som ble tilført jord. Man kan regne med at bruken i legemidler i 1985 var ca. 10 kg i 1985.

3.3.2 Laboratoriekjemikalier

3.3.2.1 Bruk og forbruk og tilførsel i 1993

Kvikksølv og kvikksølvforbindelser brukes i kjemiske og elektrokjemiske analyser. Disse analysene utføres for en stor grad i henhold til nasjonale og internasjonale standarder.

Kvikksølvforbindelser som fremdeles er i bruk i Norge fremgår av tabell 3.1. Disse brukes hovedsakelig til laboratorieformål. Forhandlerne har registrert en sterk nedadgående trend når det gjelder etterspørselen av kvikksølvholdige kjemikalier. Samlet ble det i 1993 solgt ca. 40 kg kvikksølv i ulike kjemikalier for laboratorieformål, inkludert ca. 8 kg metallisk kvikksølv.

Det er rimelig å anta en lik fordeling av kvikksølv fra kjemikalier til vann og avfall, dvs. ca. 20 kg til vann og ca. 20 kg til avfall.

3.3.2.2 Tilførsel 1985

I 1977 ble det anslått at kvikksølvforbruket ved laboratorier var ca. 300 kg metallisk kvikksølv pr. år og ca. 250 kg som kvikksølvforbindelser, ref. /3/. Det ble antatt at dette tilføres vann og avfall med en lik fordeling. Ut fra dette er det anslått en samlet tilførsel på 300 kg kvikksølv i 1985, ref. /17/, dvs. 150 kg til vann og 150 kg til avfall.

3.3.2.3 Alternativer

I tabell 3.14 er gjengitt bruk og alternativer av kvikksølvforbindelser i analyser.

TABELL 3.14: Bruk av kvikksølv til laboratorieformål, ref. /15/

Forbindelse	Type analyse	Alternativ	Merknader
Kvikksølv(II)oksid	Nitrogen (Kjeldahl)	Kopperkatalysator	Standard må revideres
Kvikksølvklorid	Element ion-scanning (kopper, sink, bly, kadmium)	Ingen aktuelle	
Kvikksølv(II)klorid	Cyanid	Magnesiumklorid/ svovelsyre Kopper(II)sulfat og tinn(II)klorid	Standard gitt ISO 6703
Kvikksølv(II)klorid	Histologisk (vevsprøver)	Frysetørking Formalin	Kvikksølvklorid må brukes i noen cytologiske analyser
Kvikksølv(II)sulfat	Kjemisk oksygenforbruk	Sølvnitrat/ kalium-krom(III)sulfat	
Kvikksølvjodid	Ammonium, ammoniakk	Fenat-metoden (fenol/natriumlut)	Standard gitt
Kvikksølvnitrat	Kvikksølv (ICP-AES og AAS)	Ingen adekvate alternativer	
Kvikksølvnitrat	Korrosjon av kopperlegeringer	Ammoniakk/ koppersulfat	Begrenset til koppersinklegeringer

Det fremgår av tabellen at det finnes adekvate alternativer til kvikksølvforbindelser for de fleste analysene. Det sterkt reduserte forbruket av kvikksølvholdige kjemikalier viser at laboratoriene i stor utstrekning har gått over til alternative metoder.

3.3.3 Oppsummering

I tabell 3.15 er gitt en oppsummering av bruk og tilførsler av kvikksølvforbindelser i 1985 og 1993.

TABELL 3.15: Forbruk og tilførsler fra bruk av kvikksølvforbindelser i 1985 og 1993

År	Kilde	Forbruk kg	Utslipp vann kg	Utslipp luft kg	Utslipp jord kg	Avfall kg
1985	Plantevernmidler	950	-	-	950	-
	Legemidler	10	10	-	-	-
	Lab.kjemikalier	300	150	-	-	150
	Sum	1 260	160	-	950	150
1993	Plantevernmidler	0	-	-	-	-
	Legemidler	0	-	-	-	-
	Lab.kjemikalier	40	20	-	-	20
	Sum	40	20	-	-	20

Tabell 3.15 viser at forbruket og tilførsler av kvikksølv fra kvikksølvforbindelser nesten er opphørt.

3.4 Kvikksølv som forurensning i andre produkter

3.4.1 Generelt

Som en følge av at kvikksølv opptrer i spormengder i de fleste mineraler og andre råstoffer, vil kvikksølv også kunne opptre som forurensning i produktene og også kunne oppkonsentreres i avfallsproduktene. I tillegg vil kvikksølv kunne forekomme som forurensning i produkter hvor kvikksølv benyttes i produksjonsprosessen, f.eks. i natronlut (se kapittel 3.5.2).

3.4.2 Mineralgjødning

Råfosfat som benyttes som råstoff for fosforholdig mineralgjødning inneholder kvikksølv som forurensning. Innholdet vil avhenge av hvor råfosfaten utvinnes og hvilke bergarter den utvinnes fra.

For produksjon av mineralgjødning i Norge benyttes Kola-fosfat som inneholder ca. 0,01 ppm kvikksølv.

Tilførselen av fosfor fra fosforholdig mineralgjødning var i 1993 13.722 tonn, ref. /13/. Med et kvikksølvinnhold på 0,2 mg/kg P, ref. /19/, får man en tilførsel til jord på ca. 2,8 kg kvikksølv.

I 1985 var tilførselen av fosforholdig mineralgjødning 24.828 tonn, ref. /13/. Med samme kvikksølvinnhold som i 1993 medførte dette en tilførsel på ca. 5 kg i 1985.

3.4.3 Avløpsslam

Som en følge av at kommunalt avløpsvann inneholder noe kvikksølv (jfr. kapittel 3.8.2) vil også avløpsslammet inneholde kvikksølv.

Avløpsslam inneholder 1,4-2,0 mg kvikksølv pr. kg tørrstoff, tilsvarende totalt 106 kg i 1993, som tilføres jord, ref. /20/. Ca. halvparten av avløpsslammet utnyttes i dag som jordforbedringsmiddel. Resten deponeres.

I 1985 ble 166 kg kvikksølv tilført jord fra avløpsslam, ref. /20/.

3.4.4 Boreslam

Barytt som brukes til boreslam, inneholder kvikksølv i spormengder. Kvikksølvinnholdet varierer fra gruve til gruve, men er oppgitt å være < 5 mg/kg (deteksjonsgrensen) for hovedtyngden av den barytten som benyttes i Norge, ref. /21/. I en annen rapport er det oppgitt at kvikksølvinnholdet er 2 mg/kg, ref. /22/.

1993 var det et forbruk på ca. 125.000 tonn barytt i Norge, hovedsakelig i offshorevirksomheten. Fordi kvikksølvinnholdet ligger under deteksjonsgrensen er det vanskelig å beregne den totale kvikksølvmengden, men den kan estimeres til å være 250 - 625 kg, med et snitt på ca. 400 kg, hovedsakelig som utslipp til vann.

I 1985 ble det benyttet ca. 120.000 tonn barytt i Norge, tilsvarende et utslipp til vann på 240 - 600 kg, i snitt ca. 400 kg, kvikksølv.

3.4.5 Kull, olje, gass

Alle fossile brensler (olje, kull og gass) inneholder spormengder av kvikksølv.

Innholdet av kvikksølv i olje varierer, bl.a. avhengig av oljetype. Det er målt 0,4 - 4 mg/tonn for lettolje og 0,4 - 300 mg/tonn for tungolje, ref. /23/. I 1993 ble det benyttet 896.000 m³ fyringsdestillater (lettolje) og 191.000 m³ tungolje, ref. /24/. Med et gjennomsnittlig kvikksølvinnhold på 4 mg/tonn for begge oljetyper, ref. /23/, fåes et kvikksølvutslipp til luft på ca. 4 kg. For de øvrige drivstoffer og fyringsparafin er det ikke tilgjengelige data for kvikksølvinnholdet, men det må antas å være lavere enn for lettolje. Totalt ble det benyttet 5.811.000 m³ drivstoffer innenriks i 1993 og 193.000 m³ fyringsparafin. Antas et kvikksølvinnhold på 0,4 mg/tonn for dette, utgjør dette et utslipp til luft på mindre enn 2 kg kvikksølv.

Også i kull varierer kvikksølvinnholdet betraktelig, 0,03-1,9 mg/kg, med et gjennomsnitt på 0,1 mg/kg, ref. /23/. Kull som brensel benyttes hovedsakelig ved sementproduksjon og utslippet av kvikksølv er omhandlet i kapittel 3.5. I tillegg ble ca. 4.000 tonn benyttet som brensel i gartnerier, og dette gir et utslipp av kvikksølv til luft på 0,4 kg.

I tillegg benyttes kull og koks som reduksjonsmiddel i metallurgisk industri. Utslippene fra ferrolegeringsverk er omhandlet i kapittel 3.5.6.

Innholdet av kvikksølv i gass er meget lite. Utslippet av kvikksølv til luft fra gassterminalen på Kårstø er beregnet til 0,02 kg/år og utslippet fra Hydro Plast til 0,17 kg/år, ref.

/25/. Annen bruk av gass er liten og gir følgelig ikke noe nevneverdig utslipp av kvikksølv.

Selv om forbruket av fyringsoljer var noe høyere i 1985 enn i 1993, var kvikksølvutslippet omtrent det samme, dvs. ca. 4 kg. Kullforbruket som brensel i gartnerier var omtrent det samme i 1985 som i 1993. Totalt sett var kvikksølvutslipp til luft fra olje og kull som brensel og drivstoff, omtrent det samme i 1985 som i 1993, dvs. samlet ca. 5 kg.

3.4.6 Jernskrap

Utrangerte biler kan bl.a. inneholde kvikksølvholdige nivåvippebrytere. Ved omsmeltingen slippes kvikksølv til luft. Det er ikke gjort utslippsmålinger av kvikksølv fra skrap-jernsomsmeltingen i Mo i Rana, men utslippet antas å være lite.

3.4.7 Oppsummering

I tabell 3.16 er gitt en oversikt over tilførslene av kvikksølv fra produkter som inneholder spormengder av kvikksølv.

TABELL 3.16: Tilførsler av kvikksølv fra bruk av kvikksølvforurensede produkter i 1985 og 1993

År	Kilde	Forbruk kg	Utslipp vann kg	Utslipp luft kg	Utslipp jord kg	Avfall kg
1985	Mineralgjødning	5	-	-	5	-
	Avløpsslam	166	-	-	166	-
	Boreslam	400	400	-	-	-
	Kull, olje, gass	5	-	5	-	-
	Sum	575	400	5	170	-
1993	Mineralgjødning	3	-	-	3	-
	Avløpsslam	106	-	-	106	-
	Boreslam	400	400	-	-	-
	Kull, olje, gass	5	-	5	-	-
	Sum	415	400	5	110	-

Når det gjelder tilførsler av kvikksølv fra kvikksølvforurensede produkter, har det vært en viss reduksjon i tilførselen til jord, fordi kvikksølvmengden i kloakkslam har blitt redusert med ca. 35 %. Forøvrig er forbruket og tilførselen uendret fra 1985.

3.5 Utslipp og avfall fra industrielle prosesser

3.5.1 Generelt

Fra en del industrielle prosesser er det utslipp av kvikksølv som en følge av at råstoffene inneholder spormengder av kvikksølv. For en del av disse bedriftene er det satt utslippskrav for utslippet til luft eller vann. De bedriftene hvor utslippet er større enn 1 kg kvikksølv på årsbasis er omtalt nedenfor. De øvrige bedriftene representerer samlet et utslipp på 1,3 kg til vann og 0,07 kg til luft, ref. /25/. Kvikksølvutslippet fra disse bedriftene i 1985 er beregnet til samlet ca. 5 kg til vann og ca. 0,07 kg til luft.

Fra produksjonen ved smeltehytta ved A/S Sulitjelma Gruber var det tidligere et utslipp på 245 kg kvikksølv til luft, ref. /7/. Denne produksjonen ble nedlagt i 1987.

3.5.2 Kloralkaliproduksjon

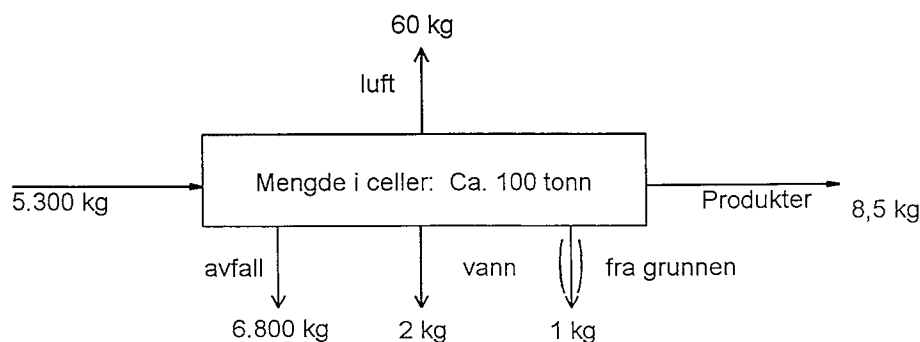
Borregaard benytter kvikksølvceller i sin kloralkaliproduksjon. Ved produksjonen blir det utslipp av kvikksølv til luft og vann. I tillegg følger noe kvikksølv produktene, og det oppstår kvikksølvholdig avfall så som

- kvikksølv-smør (forskjellige typer amalgam dannet fra metallforurensninger i salt-laken)
- slam fra avløpssystemet
- slam fra renseanlegg for kvikksølvholdig vann, som oppstår ved regenerering av ionebyttermasse
- brukt ionebyttermasse
- jernutstyr som har vært i kontakt med kvikksølvførende strømmen. Dette vaskes rent med saltsyre og leveres skraphandler. Kvikksølvholdig saltsyre destrueres med natriumsulfid.

I følge Utenriksstatistikken importerte Borregaard ca. 7 tonn kvikksølv i 1993. Forbruket i 1993 var ca. 5, 3 tonn.

I 1993 er utslippet til luft målt til 60 kg kvikksølv og til vann 2 kg. 6.800 kg kvikksølv i avfall ble deponert i spesialdeponi ved fabrikk. Ca. 8,5 kg kvikksølv følger produktene som forurensning. I tillegg var det avrenning fra det bedriftsinterne deponi og fra grunnen under kloralkalifabrikk på ca. 1 kg.

Følgende materialbalanse kan settes opp for 1993:



I tillegg var det tilførsel fra kvikksølvkontaminert utstyr ved Norsk Hydro på ca. 0,2 kg kvikksølv, ref. /25/.

I 1985 hadde både Borregaard og Norsk Hydro produksjon av kloralkali ved bruk av kvikksølv Elektroder. Tilførselen fremgår av tabell 3.17.

I tabell 3.17 er gitt en oppsummering av forbruk og tilførsler av kvikksølv fra kloralkali-produksjonen i 1985 og 1993.

TABELL 3.17: Tilførsel av kvikksølv fra kloralkaliproduksjon i 1985, ref. /25/

År	Forbruk kg	Utslipp, vann kg	Utslipp, luft kg	Utslipp, jord kg	Avfall kg	Forurensning i produkt kg
1985	u	40 ¹⁾	340	u	1.000 ²⁾	25
1993	5.300	3	60	u	6.800	8,5

u = Ukjent

¹⁾ Inkluderer ikke uhellsutslipp fra Borregaard på 680 kg kvikksølv til vann og 100 kg kvikksølv til luft

²⁾ Inkluderer ikke avfall fra Norsk Hydro

Tabellen viser at det har vært en betydelig reduksjon av utslippene til luft og vann, som en følge av at Hydro har lagt ned sin produksjon og av rensetiltak ved Borregaard.

Selv om det ikke fremgår av tabellen har det også vært tilførsel av kvikksølv til jord ved de to fabrikkene. Mengden av dette har generelt ikke blitt kartlagt. Ut fra undersøkelser antar man at det er ca. 10 tonn kvikksølv i grunnen under og rundt Borregaard.

Det finnes alternative prosesser for produksjon av kloralkali. Borregaard er pålagt overgang til kvikksølvfri prosess fra 31.12.97. Kostnadene for denne omleggingen er beregnet til ca. 100 mill. kr.

3.5.3 Norzink A/S

Norzink A/S benytter i sin produksjon av sink, svovelsyre og aluminiumfluorid råstoffer som inneholder kvikksølv, og det dannes kvikksølvholdige biprodukter og avfallsstoffer.

Totalt var det i 1993 et utslipp til vann på ca. 16 kg kvikksølv, hvorav ca. 5 kg stammer fra produksjonen av sink og svovelsyre og ca. 11 kg fra produksjonen av aluminiumfluorid, ref. /26/.

Utslippene til luft er små, og det gjennomføres ikke målinger av utslippet til luft.

Ved produksjonen av sink og svovelsyre oppstår flere kvikksølvholdige avfallsstoffer:

- Avløpsslam fra rensing av kvikksølvholdig avløpsvann. Totalt 370 tonn slam pr. år med gjennomsnittlig 47 % kvikksølv, tilsvarende ca. 175 tonn kvikksølv. Dette avfallet mellomlagres ved bedriften i påvente av opparbeiding i utlandet

- Jarosittresidue og lutningsrest. I 1993 57.832 tonn, inneholdende gjennomsnittlig 0,00015 % kvikksølv, tilsvarende ca. 90 kg kvikksølv. Dette avfallet deponeres i fjellhaller.

I 1985 var kvikksølvutslippene til vann ca. 1.160 kg, ref. /25/. Dette inkluderte utslipp av kvikksølv med jarosittavfallet, som fra 1986 deponeres i fjellhaller.

3.5.4 Odda Smelteverk

Odda Smelteverk produserer kalsiumkarbid og dicyandiamid. Det er utslipp til vann fra begge prosesser, men hovedtyngden kommer fra utslipp av avfallskalk fra dicyandiamid-produksjonen. Samlet utslipp er i 1993 beregnet til 8,5 kg kvikksølv, ref. /25/.

I 1985 var kvikksølvutslippet til vann 2,5 kg, ref. /25/.

Bedriften er pålagt å stanse utslippet av avfallskalk til fjorden innen 1998, enten ved å utnytte avfallskalken som råstoff til Odda-kalk (jordforbedringsmiddel) eller ved deponering i fjellhall. Derved vil kvikksølvutslippet reduseres til under 1 kg pr. år.

3.5.5 Produksjon av sement

Råstoffene for produksjon av sement inneholder kvikksølv. Basert på et kvikksølvinnhold på 0,1 mg/kg i sement, ref. /5/, får man en tilførsel på ca. 160 kg kvikksølv fra sement i året.

Basert på utslippsmålinger ved Norcems anlegg i Brevik, ref. /27/, har man beregnet kvikksølvutslippet fra denne fabrikken til ca. 20 kg/år. Kvikksølvutslippet fra anlegget i Kjølpsvik er ca. 5 kg, og man får derved et samlet utslipp til luft på ca. 25 kg kvikksølv, når man benytter kull/petcoke som brensel.

Norcem A/S benytter imidlertid ikke bare kull/petcoke i sin produksjon, men også fast/flytende spesialavfall som brensel. Ut fra forsøkskjøringer har man beregnet at utslippet av kvikksølv vil øke med ca. 5 kg fra anlegget i Brevik. Dette betyr at kvikksølvutslippet til luft fra sementproduksjon er ca. 30 kg.

I 1985 var det også produksjon ved fabrikken på Slemmestad. Kvikksølvutslippet til luft antas å ha vært ca. 40 kg.

3.5.6 Produksjon av ferromangan/silikomangan

Produksjon av ferromangan/silikomangan foregår ved tre anlegg i Norge, Tinfos Øye, Elkem Mangan KS - PEA og Elkem Mangan KS - Sauda.

Ved Tinfos Øye har det vært gjennomført omfattende målinger av kvikksølv i råstoffet, i avløpsslam og i belegg i gasskanaler, samt kvikksølvutslippet til luft. På basis av disse målingene er det satt opp følgende materialbalanse på årsbasis for 1993, ref. /28/:

- 112 kg i utslipp til luft
- 27 kg i avløpsslam
- 10 kg i belegg
- 3 kg i metall og slagg.

Tiltak for å redusere utslippet til luft, enten ved endring av råstoff eller ved rensing, er under vurdering.

De øvrige to bedriftene benytter råstoffer med et lavere innhold av kvikksølv. Ved hver av disse bedriftene har man beregnet et kvikksølvutslipp til luft på 6-7 kg/år, ref. /29/.

I 1985 er kvikksølvutslippet fra disse tre bedriftene samlet anslått til 270 kg, ref. /29/.

3.5.7 Oppsummering

I tabell 3.18 er gitt en oppsummering av tilførsler av kvikksølv fra industriell virksomhet.

TABELL 3.18: Tilførsler av kvikksølv fra industri i 1985 og 1993

År	Kilde	Utslipp vann kg	Utslipp luft kg	Utslipp jord kg	Avfall tonn
1985	Kloralkaliproduksjon	40 ¹⁾	340 ¹⁾	u	1 ²⁾
	Norzink A/S	1.160	-	-	u
	Odda Smelteverk	3	-	-	u
	Sementproduksjon	-	40	-	-
	Ferromangan/ silikomangan	-	270	-	u
	Sulitjelma	-	245	-	u
	Diverse	5	~ 0	-	-
	Sum	1210 ¹⁾	895 ¹⁾	u	u
1993	Kloralkaliproduksjon	3	60	u	6,8
	Norzink A/S	16	-	-	175
	Odda Smelteverk	9	-	-	u
	Sementproduksjon	-	30	-	-
	Ferromangan/ silikomangan	-	125	-	~ 0
	Sulitjelma	-	0	-	-
	Diverse	1	~ 0	-	-
	Sum	30	215	u	182

- = Ingen tilførsel

u = Ukjent

¹⁾ Inkluderer ikke uhellsutslipp fra Borregaard, 680 kg kvikksølv til vann og 100 kg til luft

²⁾ Inkluderer ikke avfall ved Norsk Hydro

Det fremgår av tabell 3.18 at utslippet til vann fra industriell virksomhet er redusert med mer enn 95 %. Dette skyldes nedlegging av og rensetiltak ved kloralkaliproduksjon og at Norzink ikke lenger leder sitt avfall til sjøen. Utslippet til luft er redusert med ca. 70 %. Dette skyldes også tiltak i kloralkaliindustrien og i ferrolegeringsindustrien, samt at smeltehytta i Sulitjelma er nedlagt.

3.6 Utslipp fra avfallsbehandling

3.6.1 Generelt

Utrangerte og kasserte produkter som inneholder kvikksølv leveres i dag som avfall til spesialavfallssystemet eller havner i det kommunale avfallet. Alle større industrier som har kvikksølvholdig avfall, har egne deponier/mellomlager for slikt avfall.

Største delen av det kvikksølvholdige avfallet som blir innlevert til spesialavfallssystemet, blir i dag lagret fordi man ikke har relevant behandlingsmetode eller behandlingsskapasitet hverken i Norge eller i andre land. Ut fra opplysningene på deklarasjonsskjemaene for innlevert spesialavfall er det ikke mulig å skille ut mengden kvikksølvholdig avfall, i det avfall med kvikksølv og kadmium deklarerer samlet (gruppe 8). Renor opplyser at det i 1993 ble innlevert 21.425 kg gruppe 8-avfall og at kadmiumdelen var liten. Forøvrig ble det i 1993 ikke eksportert kvikksølvholdig avfall. Det ble imidlertid importert 79 tonn kvikksølvholdig avfall for deponering i Hydros spesialdeponi (sarkofagen) før dette ble forseglet.

3.6.2 Avfallsforbrenning

Av en totalmengde på 2.200.000 tonn kommunalt avfall i 1993, ble i alt 450.000 tonn forbrent, ca. 410.000 tonn ved de 5 store anleggene og ca. 40.000 tonn ved mindre anlegg. Ved de store anleggene er det installert renseutstyr som bl.a. reduserer utslippet av kvikksølv. Disse har en renseeffekt med hensyn på kvikksølv på 80 - 90 %. Samlet kvikksølvutslipp til luft fra disse 5 anleggene er beregnet på basis av utslippsmålinger til 49 kg i 1993. I tillegg er det beregnet at det slipper ut ca. 20 kg fra de mindre anleggene, basert på en utslippsfaktor på 0,5 g/tonn avfall, ref. /30/.

Fra renseprosessen blir det et reststoff som inneholder noe kvikksølv, beregnet til ca. 200 kg ut fra en renseeffekt på 80 %. Dette deponeres på eget område på fyllplassene.

Samlet tilførsel av kvikksølv til avfallsforbrenningsanleggene er da 270 kg, tilsvarende 0,6 g kvikksølv pr. tonn avfall.

Fra 1995 skal samtlige avfallsforbrenningsanlegg ha installert gassrenseutstyr som også reduserer utslippet av kvikksølv. Som en følge av dette vil de fleste mindre kommunale anleggene samt sykehusanleggene bli nedlagt. Utslippene fra de små anleggene vil da bli redusert til ca. 10 kg/år. Utslippene fra de store anleggene vil stort sett forbli uendret, ca. 50 kg/år med mindre tilførselen av kvikksølv i avfallet reduseres.

I 1985 var utslippet til luft beregnet til ca. 350 kg kvikksølv fra avfallsforbrenningsanlegg, ref. /2/.

3.6.3 Deponering

Det er beregnet at det skjer en årlig tilførsel av kvikksølv til fyllplasser på ca. 1,7 tonn/år, ref. /31/. Denne beregningen er basert på tall fra 1984, når det gjelder sammensetning av kommunalt avfall. Fordi bruken av kvikksølv er blitt vesentlig redusert siden den gang, synes dette tallet å være for høyt. Beregnet ut fra et kvikksølvinnhold i avfallet på 0,6 g/tonn avfall, får man at det ble tilført ca. 1 tonn kvikksølv til fyllplassene i 1993.

Utslipet av kvikksølv til vann fra fyllplasser er beregnet til ca. 40 kg/år, ref. /31/. Selv om årlig tilførsel av kvikksølv til fyllplassene er redusert, ligger det såpass mengder med kvikksølv på fyllplassene (akkumulert mengde på 49 tonn kvikksølv), at dette må regnes å være utslippet også i dag. På sikt vil imidlertid dette utslippet bli redusert.

Tilførselen av kvikksølv til fyllplassene var i 1985 1,7 tonn og utslippet til vann ca. 40 kg/år.

Det vil også være noe utslipp til luft fra fyllplassene pga. den lokale kvikksølvsyklus (se kapittel 2.1.1) og når det brenner i fyllingene. Denne mengden er imidlertid vanskelig å anslå.

3.6.4 Oppsummering

I tabell 3.19 er gitt en oversikt over tilførsel til og utslipp fra kommunal avfallsbehandling av kvikksølv i 1985 og 1993.

TABELL 3.19: Oversikt over kvikksølvtilførsler og kvikksølvutslipp fra kommunal avfallsbehandling i 1985 og 1993

År	Kilde	Tilførsler		Utslipp vann kg	Utslipp luft kg	Utslipp jord kg	Rest-stoffer kg
		Avfallsmengde tonn	Kvikksølv-mengde kg				
1985	Forbrennings-anlegg	200.000	350	-	350	-	-
	Fyllplasser	1.700.000	1.700	40	-	u	1.660
	Sum	1.900.000	2.050	40	350	u	1.660
1993	Forbrennings-anlegg	450.000	270	-	70	-	200
	Fyllplasser	1.750.000	1.000	40	-	u	960
	Sum	2.200.000	1.270	40	70	u	1.160

Tabell 3.19 viser at det har vært en nedgang både i den totale mengden kvikksølv tilført den kommunale avfallsbehandlingen og en nedgang i utslippet til luft, til tross for at mengden avfall behandlet har økt. Utslippet til luft er redusert med ca. 80 %, og dette skyldes installering av gassrenseutstyr. Nedgangen i tilførslene skyldes redusert bruk av kvikksølv i produkter og etablering av separate innsamlingssystemer av kvikksølvholdige produkter.

3.7 Andre kilder

3.7.1 Kommunalt avløpsvann

Det kommunale avløpsnettet tilføres kvikksølv fra private husholdninger (termometre), tannlegekontorer, laboratorier og eventuell mindre industri. Med få unntak har de industrielle kildene nevnt i kapittel 3.5 direkte utslipp til vann.

I tabell 3.20 fremgår samlet tilførsel av kvikksølv til kommunalt nett, fordelt på utslipp til vann og utslipp til jord (med slam) i 1985 og 1993 og utslippet fra spredt bebyggelse i 1993, ref. /20/. Usikkerheten i disse beregningene er beregnet til ± 36 %.

TABELL 3.20 : Tilførsel av kvikksølv til kommunalt nett, ref. /20/.

	Kg kvikksølv, 1985	Kg kvikksølv, 1993
Tilførsel til kommunalt nett	689	300
Utslipp til vann	533	194
Utslipp til jord (med slam)	156	106
Utslipp fra spredt bebyggelse	Ikke kjent	16

3.7.2 Sedimenter

Man har funnet kvikksølvforurensede sedimenter i noen fjorder og vassdrag pga. påvirkning fra industrielle prosesser (Sørfjorden, Frierfjorden, Mjøsa og Tyrifjorden), ref. /1/. I tillegg til kloralkaliproduksjon og produksjon av sink, har bruken av kvikksølv i treforedlingsindustrien vært betydelige kilder. Kvikksølvmengdene er ikke kjent, heller ikke eventuell utlaking til vann.

Det er gjennomført en tildekking av sedimentene i Indre Sørfjorden/Eitrheimsvågen for å redusere tilførselen av tungmetaller til vannmassene, ref. /32/.

3.7.3 Forurenset grunn

Nedgravd spesialavfall og forurenset grunn kan utgjøre en betydelig kilde til tilførselen av kvikksølv. Som nevnt er grunnen under og rundt Borregaards kloralkalifabrikk forurenset av kvikksølv (antatt mengde 10 tonn). I tillegg finner man kvikksølv i grunnen ved Hydro. Opprydningstiltak vil bli vurdert.

3.7.4 Langtransportert - luft

Det er beregnet at det med langtransporterte luftforurensninger er en tilførsel på ca. 300 kg kvikksølv i året. Det er sannsynlig at denne tilførselen var noe høyere i 1985, men det er ikke gjort noe forsøk på å kvantifisere denne.

4. MATERIALSTRØM AV KVIKKSØLV I 1993

En total materialstrøm for kvikksølv skal ideelt sett gi et bilde av alle strømmer av kvikksølv inn til Norge, ut av Norge og i Norge. Mangel på informasjon vil medføre at man ikke får en total oversikt over alle strømmene. Det må derfor gjøres forenklinger og antagelser.

I tabell 4.1 er gitt en oppsummering av de totale tilførslene for både 1993 og 1985, på basis av opplysningene i kapittel 3.

Ut fra antagelsene for fordelingen av tilførselen til vann, luft, jord og avfall for de ulike produktgruppene, beregner man en tilførsel til kommunalt nett på 420 kg kvikksølv. Ut fra målte verdier i kommunalt avløpsvann er tilførselen av kvikksølv beregnet til 195-405 kg, ref. /20/. Det er således en viss divergens, og dette kan bl.a. skyldes at målemetodene for kvikksølv i avløpsvann er beheftet med relativt stor måleusikkerhet, og at eventuelle avleiringer av metallisk kvikksølv i rørene ikke fanges opp. I de videre betraktninger regnes det med at tilførselen til det kommunale nettet var 420 kg kvikksølv i 1993, at tilførselen via avløpsslam var ca. 130 kg kvikksølv og at ca. 290 kg går til utslipp til vann.

Ved de antagelsene som er angitt i kapittel 3.2 når det gjelder hvorvidt avfallet fra de ulike produktgruppene leveres til det kommunale avfallssystemet eller samles opp, lagres/tilføres spesialavfallssystemet, får man at ca. 525 kg kvikksølv ble tilført det kommunale avfallssystemet og ca. 780 kg til spesialavfallssystemet.

Beregnet ut fra målte kvikksølvutslipp fra avfallsforbrenningsanlegg får man imidlertid at ca. 1300 kg kvikksølv tilføres det kommunale avfallsbehandlingssystemet (jfr. kapittel 3.6). Dette er en nokså stor divergens som kan skyldes følgende forhold:

- Mindre mengder enn antatt samles opp separat og lagres/leveres spesialavfallssystemet
- Kvikksølvmengden i avfall er høyere enn salget av kvikksølv i produkter i 1993 fordi det foregår en overgang til kvikksølvfrie alternativer
- Det er tilførsel av kvikksølvholdig avfall til det kommunale avfallssystemet fra andre kilder enn fra dagens bruk av produkter, f.eks. bygnings- og rivningsavfall, dvs. tidligere tiders bruk av kvikksølvholdige produkter. I Sverige er det beregnet at det tilføres 300 - 430 kg kvikksølv pr. år fra slikt avfall, ref. /33/. Tilsvarende tall for Norge kan anslås til 150 - 215 kg kvikksølv.

Ut fra disse betraktningene synes det rimelig å anta at tilførselen til det kommunale avfallssystemet var ca. 1.000 kg kvikksølv i 1993. Tilsvarende antas mengden som lagres/leveres spesialavfallssystemet å være ca. 600 kg.

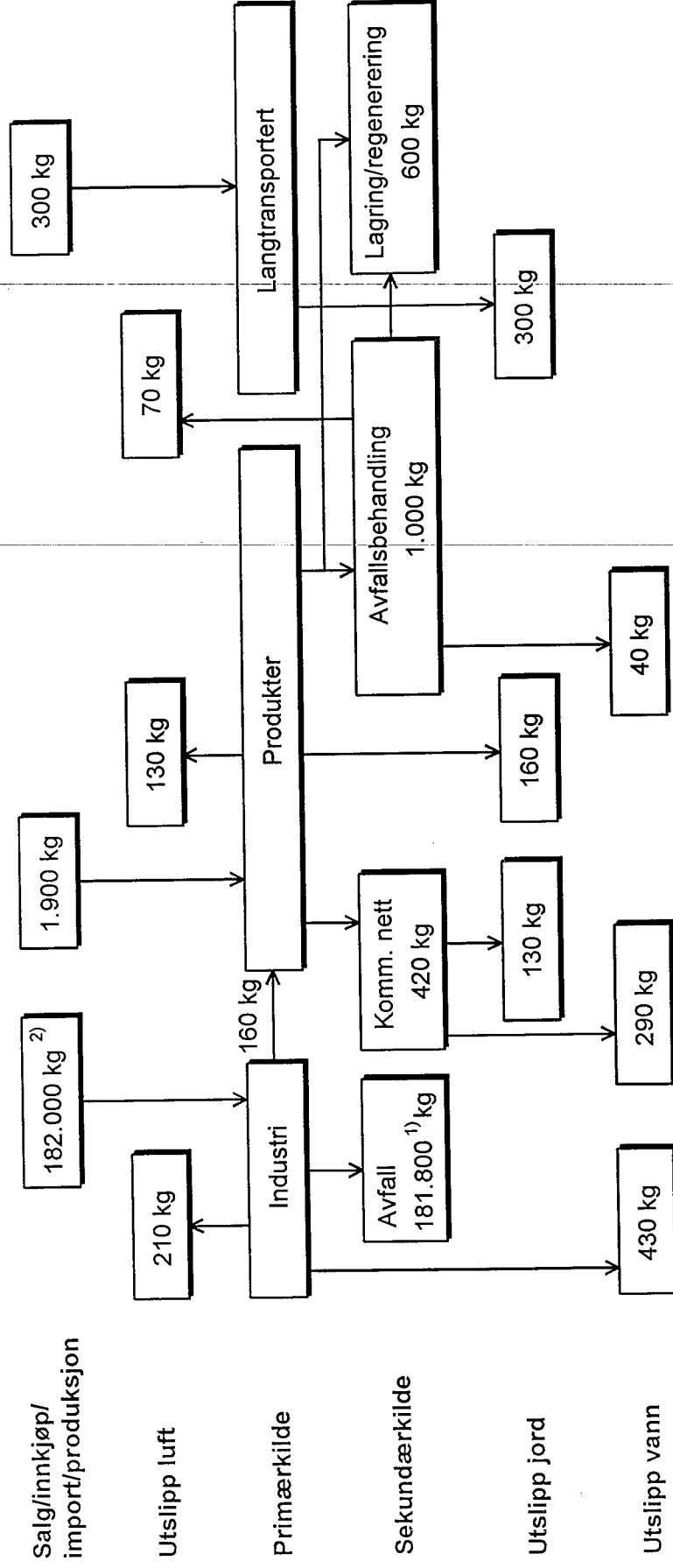
Tilførselen til vann fra avfallsbehandlingen er hovedsakelig en funksjon av de kvikksølv-mengdene som totalt ligger i fyllingene og er ikke vesentlig påvirket av den årlige tilførselen.

I figur 4.1 og figur 4.2 er gitt en skjematisk fremstilling av materialstrømmen av kvikksølv i Norge i 1993. Figuren bygger på tabell 4.1 og de overlegninger som er gjort ovenfor. Til en viss grad mangler opplysninger om import av kvikksølv som forurensninger i råstoff og tilførselen av kvikksølv som forurensninger i produktene, slik at materialstrømmen ikke kan sies å være helt fullstendig.

TABELL 4.1: Oppsummering av tilførsler av kvikksølv

Kilde	1985						1993			
	Forbruk kg	Utslipp til vann, kg	Utslipp til luft, kg	Utslipp til jord, kg	Avfall kg	Forbruk kg	Utslipp til vann, kg	Utslipp til luft, kg	Utslipp til jord, kg	Avfall kg
Produkter										
- Tannfyllingsmaterialer	2.050	1.525	70	155	1.555	620	400	70	155	600
- Batterier	3.000	-	-	-	3.000	430	-	-	-	430
- Termometre	900	450	270	-	180	125	-	35	-	90
- Lyskilder	160	-	-	-	160	130	-	-	-	130
- Blodtrykksmålere	50	-	30	-	20	30	-	20	-	10
- Andre målere	30	-	-	-	30	20	-	-	-	20
- Nivåvippebrytere	50	-	-	-	50	5	-	-	-	5
- Plantevernmidler	950	-	-	950	-	0	-	-	0	-
- Legemidler	10	10	-	-	-	0	-	-	-	-
- Laboratoriekjemikaller	300	150	-	-	150	40	20	-	-	20
- Mineralgjødning	5	-	-	5	-	3	-	-	3	-
- Kull, olje	5	-	5	-	-	5	-	-	-	-
- Avløpsslam	165	-	-	165	-	105	-	-	105	-
Industri										
- Kloralkali		40 ¹⁾	340 ¹⁾	-	u	5.300	3	60	-	6.800
- Norzink		1.160	-	-	u		15	-	-	175.090
- Odda Smelteverk		3	-	-	-		9	30	-	-
- Sementproduksjon		-	40	-	-		-	125	-	-
- Ferrolegering		-	270	-	-	400	400	-	-	-
- Offshore (barytt)	400	400	-	-	-		-	0	-	-
- Sultjelma		-	245	-	-		1	-	-	-
- Annen		5	-	-	-		-	-	-	-
Langtransportert		-	-	300	-		-	-	300	-
Sum (Avrundet)	8.000	3.700 ¹⁾	1.250 ¹⁾	1.600	5.100	7.200	850	340	560	183.000
Tilført kommunalt nett		2.100					420			
Direkte utslipp		1.600 ¹⁾					430			
Kommunal avfallsbehandling		40	350		3.600		40	70		520
Spesialavfall/gjenvinning					1.500					780
Industrideponi					u					181.800

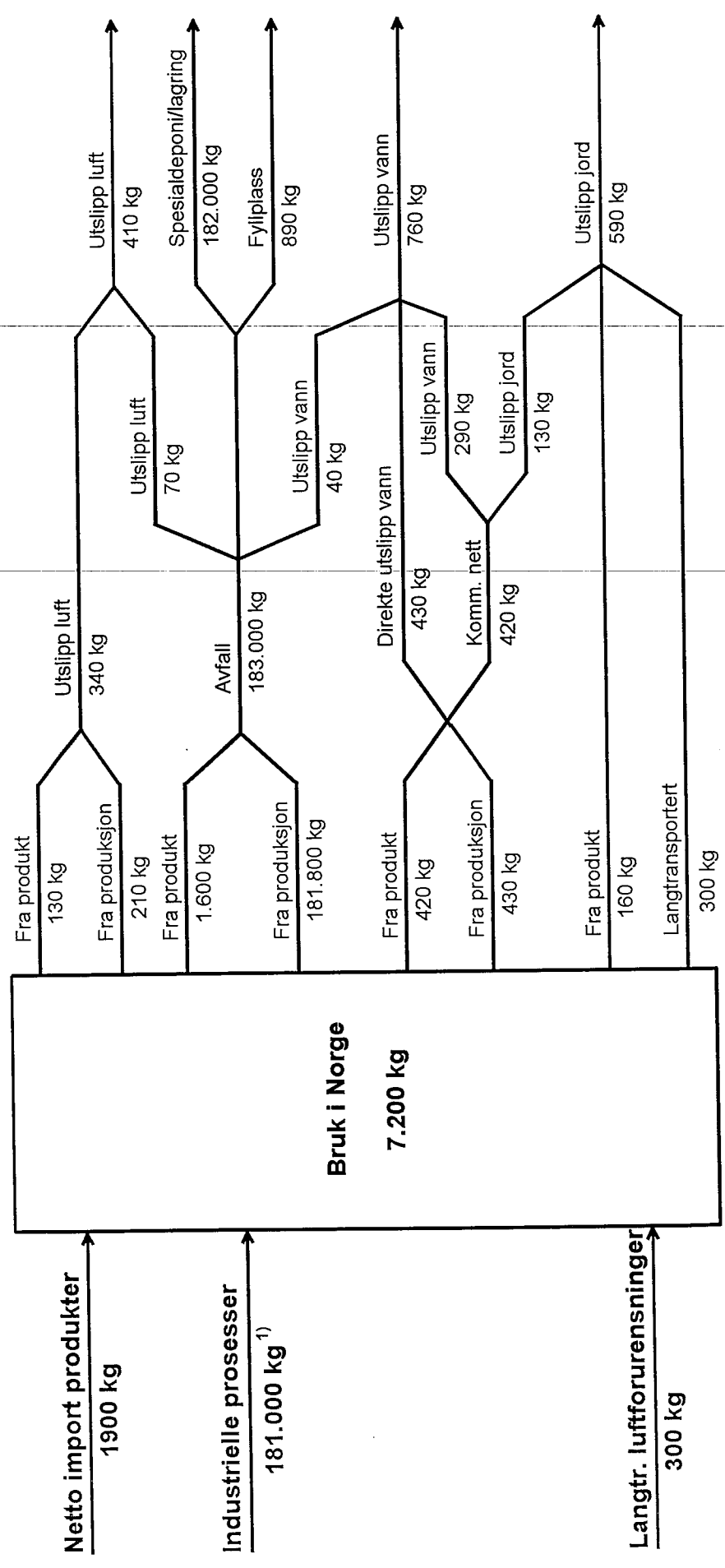
1) Inkluderer ikke uhellsutslipp ved Borregaard, 680 kg til vann og 100 kg til luft



1) Inkludere 175.000 kg som lagres ved Norzink i påvente av gjenvinningsmuligheter

2) Oversikten over tilførsel fra råstoffene er ufullstendig

FIGUR 4.1: Materialstrøm for kvikksølv i 1993



¹⁾ Ikke fullstendig kartlagt

FIGUR 4.2: Materialstrøm for kvikksølv i 1993

5. UTSLIPP, TILFØRSLER OG AVFALLSMENGDER

5.1 Utslipp, tilførsler og avfallsmengder i 1985

I figur 5.1 er gitt en skjematisk fremstilling av tilførselsbildet for kvikksølv i 1985.

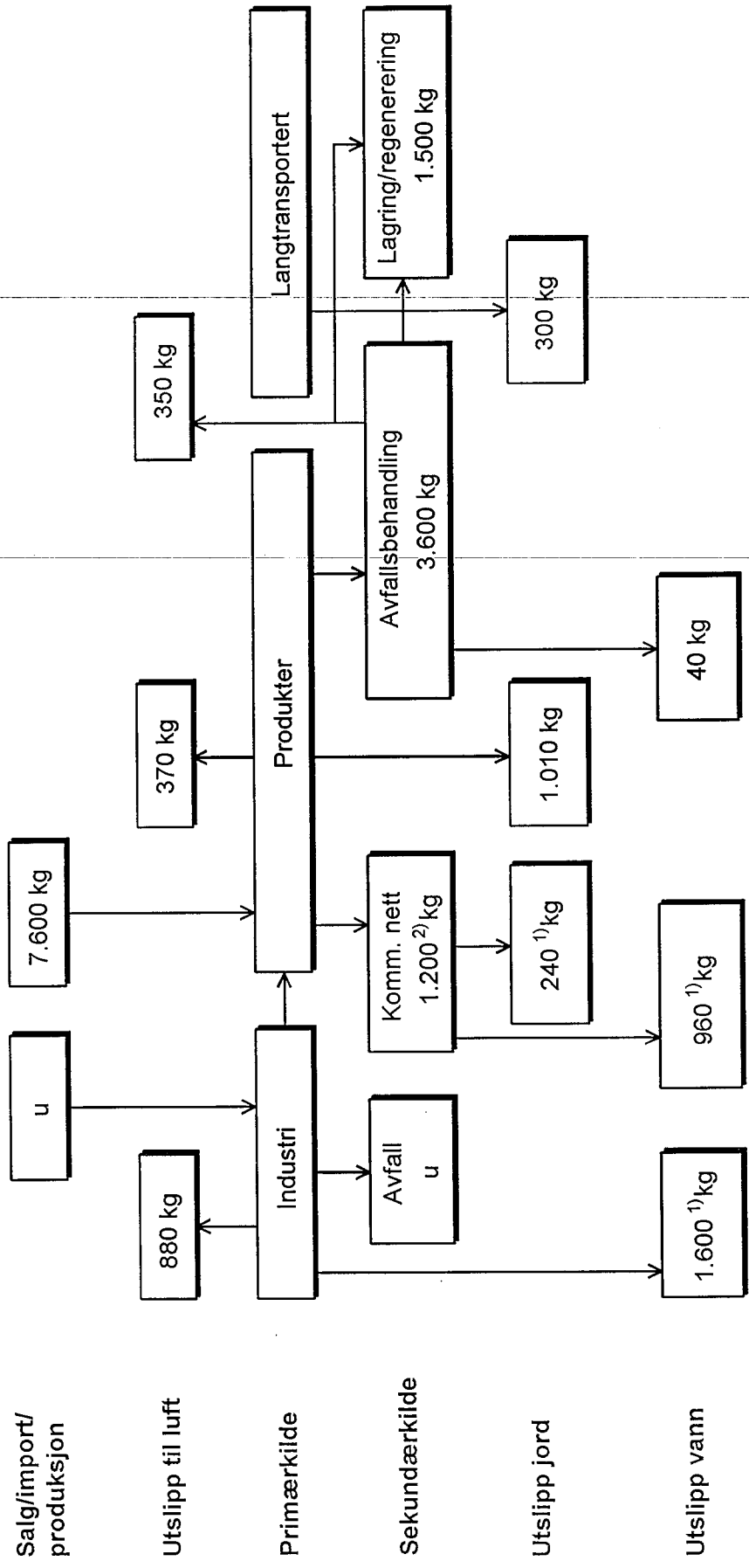
Ut fra antagelsene om hvordan kvikksølv fra de ulike produktene fordeler seg mellom utslipp til vann, luft, jord og som avfall i kapittel 3.2, får man at det i 1985 ble tilført ca. 2.100 kg kvikksølv til det kommunale avløpsnettet. Dette er en betydelig divergens i forhold til hva man har beregnet ut fra målte verdier og antagelser om rensegrad, hvor man får en tilførsel på 450 - 930 kg kvikksølv, ref. /20/.

Noe av dette kan skyldes at man i 1985 regnet med at bare 25 % av nyrørt amalgam ble tilført tennene. Det kan synes som om dette allerede i 1985 skulle være 50 %. Ved dette reduseres tilførselen til vann med 200 kg og tilførselen til avfallsbehandling med 230 kg kvikksølv. I tillegg kan det se ut til at man har beregnet tilførselen av kvikksølv fra termometre og utplomberte fyllinger til vann for høyt.

Ved å ta høyde for måleusikkerhet og andre forhold synes det rimelig å anta at tilførselen fra produkter til kommunalt nett i 1985 var ca. 1200 kg kvikksølv, med en fordeling med 960 kg til vann og ca. 240 kg til jord via avløpsslam. Dette er noe utenfor det usikkerhetsområdet man opererer med ved beregning ut fra målte verdier, ref. /20/.

Når det gjelder kvikksølv tilført det kommunale avfallsbehandlingssystemet, er denne beregnet til ca. 3.600 kg ut fra kvikksølvmengdene i produktene. Hovedmengden skyldes batteri. Basert på data av kvikksølvinnholdet i kommunalt avfall ble det ikke tilført mer enn ca. 1.700 kg kvikksølv. Det kan derfor se ut som om mengden kvikksølv knyttet til batterier var noe lavere enn tidligere beregnet.

Også for 1985 gjelder at tilførselen til vann fra fyllplassene er ikke direkte knyttet til de årlige tilførselsmengdene, og at utslippet til luft fra avfallsforbrenning er beregnet på basis av utslippsmålinger.



1) Inkluderer ikke uhellsutslipp fra Borregaard, 680 kg til vann og 100 kg til luft
2) Anslag

FIGUR 5.1: Tilførsel av kvikksølv i 1985

5.2 Sammenligning for 1985 og 1993

Tabell 5.1 gir data for tilførselen til vann, luft, jord og avfall, basert på tallene i figur 4.1 og figur 5.2.

TABELL 5.1: Tilførsel av kvikksølv til vann, jord, luft og avfall*

År	Utslipp vann, kg	Utslipp luft, kg	Utslipp jord kg	Avfall, kg	
				Totalt	Gjenvinning/lagring
1985	2.600 ¹⁾	1.600 ¹⁾	1.250 ²⁾	5.100 ³⁾	1.500 ⁴⁾
1993	760	410	290	183.000	175.600 ⁵⁾
%-reduksjon	70	75	75		

(* Pga. justeringene i kap. 4 stemmer ikke tallene direkte med tabell 4.1)

1) Inkluderer ikke uhellsutslipp fra Borregaard, 680 kg til vann og 100 kg til luft

2) Inkluderer ikke tilførsel fra langtransporterte forurensninger

3) Inkluderer ikke avfall i industriens egne deponier

4) Inkluderer ikke industriavfall som ble lagret i påvente av gjenvinningsmuligheter

5) Inkluderer ca. 175.000 kg som lagres ved Norzink for gjenvinning, men ikke mulig regenererbart avfall ved Borregaard

I 1985 solgte Norzink det meste av kvikksølvet i 1985 og deler av avfallet fra kloralkali-produksjonen ble regenerert.

Det fremgår av tabell 5.1 at mengden som gjenvinnes/lagres har blitt redusert fra 1985 til 1993. K.A. Rasmussen mottok kvikksølvholdig avfall fra bl.a. tannleger i 1985, men har nå nedlagt sin virksomhet. Mengden som ble gjenvunnet i 1993 var derfor nokså beskjeden, og mesteparten av avfallet som innsamles blir nå lagret for fremtidig gjenvinning/behandling. Mulighetene for gjenvinning blir imidlertid mindre etter hvert som kvikksølv fases ut for flere og flere bruksområder.

I følge tabell 5.1 er de ordinære utslippene til vann, luft og jord redusert med 70 -75 % fra 1985 til 1993. Dette betyr at de nasjonale målsetningene om minst 50 % reduksjon av utslippene til vann og til luft er oppnådd. Ut fra tabellen beregnes den samlede reduksjonen av ordinære utslipp til 72 % (tilførselen fra langtransporterte luftforurensninger er da holdt utenfor). Dette betyr at Norge har oppfylt Nordsjødeklarasjonens og nasjonale målsetninger om at samlede utslipp skal reduseres med minst 70 %. (Hvis også tilførselen fra langtransportert luftforurensninger inkluderes, beregnes reduksjonen til 68 %).

6. MULIGE TILTAK

Det fremgår av tabell 5.1 at det har vært en betydelig reduksjon i tilførslene av kvikksølv både til vann, luft og jord fra 1985 og frem til i dag. Reduksjonene har funnet sted både i industrien og i forbruket av kvikksølv i produkter, og skyldes delvis reguleringer og krav og delvis at kvikksølvfrie alternativer er kommet på markedet.

For de gjenværende industrielle kilder av betydning er det satt krav om endringer av produksjonsprosessene og/eller gjennomføring/vurdering av rensesiltak. Med den kunnskap man har i dag, synes det ikke påkrevet med ytterligere tiltak i industrien.

Når det gjelder produkter gjenværr tannfyllingsmaterialer, batterier, lyskilder og termometre som viktige produktgrupper.

Det er nå satt krav om at alle tannklinikker skal ha amalgamavskillere og at alt amalgamholdig avfall skal innleveres til spesialavfallssystemet. I tillegg vil det over tid være mulig å fase ut bruken av kvikksølvamalgamer. Helsemyndighetene har foreløpig ingen konkrete planer om dette, men gjennomfører nå ny kartlegging av forholdene ved tannlegekontorene og følger med i initiativene i andre land.

For batteriene representerer kvikksølvoksidbatteriene (knappceller) den største kvikksølvkilden. Disse batteriene vil i følge bransjen ikke bli markedsført i Europa etter 1997. For øvrige batterityper synes det ikke å være mulig å kreve redusert kvikksølvinnhold nå, og det finnes heller ikke fullt ut adekvate kvikksølvholdige alternativer. Det pågår imidlertid en kontinuerlig utvikling for å kunne fase ut bruken av kvikksølv også i knappceller.

For lysrør er det en utvikling på gang for å redusere kvikksølvinnholdet med ca. 80 % fra 1996. Det finnes imidlertid ikke adekvate kvikksølvfrie alternativer.

Det er utarbeidet et forslag til forskrifter som forbyr bruk av kvikksølvholdige termometre. Dette forslaget ser ut til allerede å ha ført til redusert bruk, og det vil ikke være praktiske problemer med å fastsette disse forskriftene.

Man har altså kommet et godt stykke på vei når det gjelder å redusere bruken av kvikksølv i produkter, og det foregår kontinuerlig utvikling for å komme frem til kvikksølvfrie alternativer. Det synes i og for seg ikke å være nødvendig å iverksette ytterligere tiltak enn de myndighetene og bransjene allerede har vedtatt å gjennomføre. Det vil imidlertid være riktig å styrke innsamlingsordningene.

For å sikre at utviklingen fortsetter i ønsket retning og at man ikke får inn nye kvikksølvholdige produkter, kan det imidlertid være riktig å fastsette et generelt forbud mot bruk av kvikksølv. Danmark har fastsatt et slik forbud, med en del dispensasjoner. Sverige har vedtatt forbud mot bruk av kvikksølv for visse bruksområder og har fremmet forslag om å fase ut bruken av kvikksølv som tannfyllingsmaterialer. Tilsvarende regulering i Norge vil klart gi til kjenne myndighetenes ønske om å fase ut bruken av kvikksølv.

Etter hvert som industrien har redusert sine utslipp og kvikksølvholdige produkter fases ut, vil produkter og råstoffer, som f.eks. barytt, sement, etc. som inneholder kvikksølv i spormengder, kunne fremstå som viktige tilførselsveier for kvikksølv.

REFERANSER

- /1/ SFT-rapport 93:22: "Miljøgifter i Norge".
- /2/ SFT-rapport 93:23: "Datarapport for miljøgifter i Norge".
- /3/ SFT-rapport nr. 10/80: "Materialstrømanalyse av kvikksølv".
- /4/ SFT-rapport nr. 83: "Miljøgifter i terrestrisk miljø", (1987).
- /5/ Commission of the European Communities: "Mercury. Rational Paths through uncharted Territory. Realistic Regulatory Strategies for Risk Reduction within the European Community", 1991.
- /6/ SFT-rapport 433/90: "Overvåkingresultater 1989".
- /7/ SFT-rapport nr. 49: "Kvikksølvbelastningen i Norge", (1983).
- /8/ OECD: "Co-operative Risk Reduction Activities for Certain Dangerous Chemicals. Mercury", (1993).
- /9/ Statistisk Sentralbyrå: "Utenrikshandel 1993", 1994.
- /10/ SFT-rapport nr. 100: "Materialstrømanalyse av kvikksølvholdige produkter", (1990).
- /11/ Den norske tannlegeforening: "Rapport fra Miljøutvalget", 1990.
- /12/ G. Øilo, NIOM. Personlig meddelelse.
- /13/ SSB: "Statistisk årbok 1994 og 1991".
- /14/ J. Nicolaisen, SFT. Internt notat av 25.01.1993.
- /15/ Miljøstyrelsen: "Substitution af kvikksølv i produkter", Miljøprosjekt nr. 196, 1992.
- /16/ Batteriforeningen Norge, brev av 24. mai 1994.
- /17/ SFT-dokument 92:03: "Nasjonale forurensningsutslipp 1991".
- /18/ Roald Berg, eget firma. Privat meddelelse.
- /19/ Gunnar Kongshaug, Norsk Hydro. Personlig meddelelse.
- /20/ Aquateam: "Miljøgiftutslipp med kommunalt avløpsvann og slam", rapport nr. 94-162.
- /21/ Kristiansen, Norbar A/S. Personlig meddelelse.
- /22/ Saga, Snorre TLP: "Tungmetallanalyser i borevæske", (R-SIP-0922), desember 1992.
- /23/ "Projekt Kol - Hälsa - Miljö", (ISBN 91-7186-189-0), Sverige, 1983.
- /24/ Norsk Petroleumsinstitutt: "Tall om olje", 1994.
- /25/ SFT, Industriavdelingen, 1994

- /26/ Norzink A/S, utslippsrapport, 1993.
- /27/ Norcem A.S: "Forbrenning av spesialavfall/avfall ved Norcems sementfabrikker i Brevik og Kjøpsvik", (1994).
- /28/ Norzink Technology: "Kartlegging av emisjonsforhold ved Tinfos Jernverk, Øyestrand", 1994.
- /29/ Bjørn R. Nielsen, SFT. Personlig meddelelse.
- /30/ SFT-rapport nr. 65: "Erfaringer fra forbrenningsanlegg", (1985).
- /31/ SFT-rapport 92:23: "Miljøbelastning forårsaket av fyllinger".
- /32/ SFT-rapport 92:32: "Deponier med spesialavfall, forurenset grunn og forurensede sedimenter. Handlingsplan for opprydding".
- /33/ Reforsk: "Miljöstörande material i rivningsavfall", 1993.