

## **Statens forurensningstilsyn**

.....

### **NITRIDEN, EYDEHAVN**

**Forurensning fra deponier og industrigrunn i tilknytning til tidligere aluminiumsverk og anodeproduksjon.**

**Avklarende undersøkelser (fase 2).  
Oppsummering og evaluering av utførte undersøkelser.  
Anbefalinger.**

Prosjekt nr. 1742  
Mars 1993

**JORDFORSK**

Senter for jordfaglig miljøforskning

Hovedkontor: 1432 Ås Tel. 09-94 81 00 Fax 09-94 81 10

Distriktskontor: Molde, Tel. 072 58 000

Bodø, Tel. 081 83 222

**Tittel:** Nitriden, Eydehavn.  
Forurensning fra deponier og  
industrigrunn i tilknytning til tidligere  
aluminiumsverk og anodeproduksjon.  
Avklarende undersøkelser (fase 2).  
Oppsummering og evaluering av utførte  
undersøkelser. Anbefalinger.

**Fagområde:** Spesialavfall, miljøgeologi,  
marin forurensning

**Stikkord:** Deponi, grunnforurensning, tjære  
PAH, tungmetaller, olje, PCB

**Tilgang:**

Apen

**Forfatter:**

Steinar Sæland

**Sider:**

32

**Vedlegg:**

0

**Prosjekt nr.:**

1742

**Rapport nr.:**

7.0903-01/2

**ISBN nr.:****Oppdragsgiver:**

Statens forurensningstilsyn, SFT

**Kontakt:**

Harald Solberg

**Bestillingsnr.:**

SFT-kontr. nr. 92/429

**Kort sammendrag:**

SFT satte i 1992 i gang oppfølging av registrerte lokaliteter med spesialavfall i deponier og forurenset grunn ved Nitriden. På grunnlag av undersøkelser skal det tas beslutning om hvor, og i hvilken grad det er nødvendig å iverksette tiltak for å hindre forurensning. I fase 1 gjennomførte JORDFORSK et forprosjekt hvor problemstillinger og kunnskapsbehov ble definert. I fase 2 er det blitt gjennomført avklarende undersøkelser i felt.

JORDFORSK har vært prosjektkoordinator på vegne av SFT. Den praktiske gjennomføringen av undersøkelsene er blitt satt bort til følgende institusjoner: GEOMAP A/S, Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Norsk Teknisk Byggekontroll A/S (NOTEBY) og Norges Geotekniske Institutt (NGI). Hver oppdragstaker har avlevert hver sine delrapporter (SFT-kontrakt nr. 92/429A til 92/429D).

Denne rapporten oppsummerer og evaluerer hver av 7 delprosjekter. Resultatene sammenfattes og det gis anbefalinger til hvordan undersøkelsene kan fortsette i en fase 3.

**Land/Fylke:** Aust-Agder**Kommune:** Arendal**Sted/Lokalitet:** Eydehavn**Kart 1:50.000:** 1611 I Tromøy, 1612 II Tvedestrand**UTM-koordinater:** 32V 4933 64844**Sted:** Ås**Dato:** 30.03.93**Prosjektleder:**

Steinar Sæland

**Ansvarlig leder:**

Øistein Vethe



## FORORD

Statens forurensningstilsyn, SFT satte i 1992 i gang oppfølging av registrerte lokaliteter med spesialavfall i deponier og forurenset grunn ved tidligere Nitriden.

På grunnlag av undersøkelser skal det tas beslutning om hvor, og i hvilken grad det er nødvendig å iverksette tiltak for å hindre forurensning. I fase 1 ble det gjennomført et forprosjekt hvor problemstillinger og kunnskapsbehov ble definert. I fase 2 er det blitt utført avklarende undersøkelser i felt. Resultatene av disse blir sammenfattet her og skal danne grunnlag for prioritering av videre undersøkelser i en 3. fase.

De avklarende undersøkelsene ble gjennomført høsten 1992. JORDFORSK v/undertegnede har vært prosjektkoordinator for SFT. Arbeidet omfattet hele bedriftsområdet og alle områder hvor Nitriden tippet avfall, inkludert Tromøysund. Følgende firmaer og institusjoner har vært engasjert i fase 2 og har avlevert hver sine delrapporter:

GEOMAP a.s v/Ole Chr. Pedersen, Egil Ingebretsen og Arild Olsen, og med Amundsen Diving A/S som underleverandør.

Norsk institutt for vannforskning, NIVA v/Aud Helland og Kristoffer Næs.

Norsk Teknisk Byggekontroll A/S, NOTEBY v/Ola Bruskeland og Gisle K. Grepstad, og med Norsk institutt for luftforskning, NILU v/Mona Larsen og Trond Bøhler som underleverandør.

Norges Geotekniske Institutt, NGI v/Audun Hauge, Torgeir Rødsand, Gunnar Vik og Hege Jonassen.

De utførende har i arbeidet hatt kontakt med kjentfolk på stedet, bl.a. mange tidligere arbeidere på Nitriden. Disse folka har den beste kjennskapen til hvor og hvordan ting som i dag fokuseres har foregått. Kontakten har vært til svært stor hjelp underveis. Vi takker så mye for all imøtekommenhet. Det vil også i det videre arbeidet være svært nyttig med informasjon fra dem som i sin tid stod bedriften nærmest.

Parallelt med undersøkelsene har en kontaktgruppe av grunneiere/festere, lokale myndigheter og SFT fulgt arbeidet. De har gitt innspill, tilrettelagt og vist forståelse for utredningen av problemstillingene. Følgende personer har møtt:

Eydehavn Næringsutvikling A/S v/Gunnar K. Salvesen  
Arendal kommune v/Erik Andreassen  
Arendal Smelteverk a.s. v/Ivar Fredvik  
Fylkesmannen i Aust-Agder v/Knut Berg Larsen  
SFT v/Harald Solberg.

Alle deltakere takkes med dette for innsats og samarbeid så langt. En betydelig jobb er lagt ned, ikke minst mot slutten av året 1992. Takk også til kollegaer ved JORDFORSK for inspirasjon og faglig støtte; Sjur Andersen, Ola Nordal og Øistein Vethe.

Ås, 30. mars 1993

Steinar Sæland

## INNHold

FORORD	1
INNHold	2
SAMMENDRAG	3
1. INNLEDNING	5
2. PROSJEKTORGANISERING	7
3. FORMÅL I FASE 2	7
3.1 Delundersøkelser	7
3.2 Sluttrapportering	8
4. GJENNOMFØRING	8
4.1 Elektrodefabrikken, delområde 1	8
4.2 Nitridentomta, delområde 2	8
4.3 Tippen, delområde 3	9
4.4 Gruver på Pinnen og Buøya, delområde 4	9
4.5 Tønnedeponi Kai og Buøyskjæra, delområde 5	9
4.6 Sediment i Heggedalsbukta og Tromøysund, delområde 6	10
4.7 Bakgrunnsmålinger i regionen, delområde 7	10
5. OPPNÅDDE RESULTATER	11
5.1 Bakgrunnsmålinger i regionen	11
5.2 Sediment i Heggedalsbukta og Tromøysund	11
5.3 Tønnedeponi Kai og Buøyskjæra	13
5.3.1 Kai og Indre havn	13
5.3.2 Buøyskjæra og Tromøysund ved Håneset	14
5.4 Gruver på Pinnen og Buøya	14
5.4.1 Buøya	14
5.4.2 Pinnen	15
5.5 Tippen	15
5.5.1 Generelt	15
5.5.2 Beskrivelse	16
5.6 Nitridentomta	17
5.6.1 Nord for Omformerhallen	18
5.6.2 Sør for Omformerhallen	18
5.7 Elektrodefabrikken	20
6. VURDERING OG ANBEFALING	22
6.1 Elektrodefabrikken	22
6.2 Nitridentomta	23
6.2.1 Nordområdet	23
6.2.2 Sørområdet	23
6.3 Tippen	26
6.3 Gruver på Buøya og Pinnen	28
6.3.1 Buøya	28
6.3.1 Pinnen	29
6.4 Tønnedeponi Kai og Håneset	29
6.5 Heggedalsbukta og Tromøysund	30
6.5.1 Langs land	30
6.5.2 I sundet	31
6.6 Bakgrunnsbelastning i regionen	31
7. REFERANSER	32

## SAMMENDRAG

Gjennom avklarende undersøkelser på forurensede lokaliteter ved Nitriden er en god del av problemstillingene som ble definert i forprosjektet bekreftet.

Ved Elektrodefabrikken er forurensningen knyttet til tjære/bekgranulat og kull i overflaten. Mengdene bør bestemmes, slik at det er mulig å kalkulere med et mulig behandlingsvolum ved framtidig arealdisponering. Det er også påvist oljeforurensning i grunnen, men kilden og omfanget er foreløpig ikke klarlagt. Undersøkelsene bør følges opp for å beskrive både kilden og en evt. spredning.

Nitridtomta har et sammensatt forurensningsbilde. Det er mange kilder og mange muligheter for spredning. Konfliktene mot framtidig arealdisponering melder seg etterhvert som nye utbyggingsplaner kommer opp og endres.

På nordre område med avrenning mot Heggedalsbukta er forurensningssituasjonen i hovedsak preget av overflatebelastning etter støvnedfall (fluorid og noe tungmetaller). Dypere forurensning finnes også som resultat av lekkasjer og omgraving av massene ved sanering av ovnshusene. Det er ikke bekreftet hvor det første Elektrodesteikeriet lå og om det har forurenset grunnen. Heller ikke er de mange nedgravde oljetankene på området sjekket for mulige lekkasjer til grunnen. Disse forholdene må følges opp. Det kan også være nyttig å etablere en instruks for hvor og hvordan grunnarbeid kan utføres på en forsvarlig måte og hvordan enkle tiltak kan etableres for å hindre spredning.

På søndre område med avrenning til Tromøysund er i hovedsak 3 områder mulige kilder til forurensning av resipienten; Trafo-området/Omformerhallen, Steikeriet og Tromøysundtippen. Området er generelt mer belastet med tungmetaller enn på nordre del. Det kan skyldes deponering av brukt sandblåsingssand. En instruks for arbeid og virksomhet på tomta kan være nyttig og viktig.

På sørsiden av Omformerhallen er det forurenset med olje. Kildene og spredningsomfanget er imidlertid ikke endelig klarlagt. Muligheten for PCB-forurensning er ikke avkreftet. Begge forhold anbefales fulgt opp i neste fase.

På Steikeritomta er det påvist at grunnen er sterkt infisert av bek/tjære. Konsistensen er hard, men det blir likevel påvist PAH i grunnvannet. Det er nødvendig med en nærmere avgrensning av det forurensede området, og med en vurdering av mulige utlekkingsveier. På Steikeritomta er det dessuten fra tidligere påvist søl i tilknytning til et kompressoranlegg. Denne oljeforurensningen og forurensning i tilknytning til en oljetank må også undersøkes nærmere. Det kan dessuten være aktuelt med effektstudier langs stranda, da det er uklart i hvilken grad forurensningen påvirker resipienten.

Tromøysundtippen inneholder mye bygningsavfall fra rivingen av fabrikkbygningene etter 1975. Det innebærer trolig også tipping av en del avfall av spesiell karakter, som det var lett og deponere samtidig med det øvrige. Deponiet er trolig svært heterogent og permeabelt. I stedet for å gå på et stort arbeid med videre karakterisering av avfallsmassene, kan det være hensiktsmessig å registrere utlekking og mulig negativ effekt på resipienten. Det kan gjøres ved studier av kjemiske og hydrauliske forhold i deponiet og ved analyse av stedegne eller utplasserte organismer rett utenfor (blåskjell, tang e.l.).

Heggedalstippen ble brukt til produksjonsavfall i hele driftsperioden på 60 år. Den inneholder derfor både gammelt og nyere avfall. I tillegg er det deponert noe rivningsmasse. Tippen er trolig den lokaliteten ved Nitriden hvor folk kan komme lettest i kontakt med forurensede masser. Det er derfor viktig for den videre planleggingen av både deponiet og tilgrensende områder å foreta en mer detaljert avgrensning av hvor avfallet ligger. Det vil også være viktig å få bedre oversikt over hva deponiet inneholder og i hvilken grad miljøbelastende forbindelser vaskes ut til Heggedalsbukta ved ulike betingelser. Heggedalstippen påvirkes av sigevann fra Nitridentomta og Breidablikk. En vurdering av hvordan dette påvirker utvaskingen bør også med i de oppfølgende arbeidene.

Forholdene rundt gruvene på Buøya er klarlagt på en grei måte. Kommunikasjonen med sjøen er trolig lav og vannet som renner ut i Heggedalsbukta har muligens hatt liten kontakt med avfallet som er deponert. Det kan være ønskelig å registrere vannkvalitet og avrenning fra sjakta som grunnlag for belastningsvurderinger på resipienten. For gruva på Pinnen foreligger nesten ingen informasjon. Fjellgrunnen og dermed kommunikasjonen med Heggedalsbukta er nokså lik gruvene på Buøya. Sjakta er lukket og en må derfor anta at massene ligger nokså isolert.

Ved undervannssøk utenfor Nitriden i Tromøysund ble det funnet en god del skrot. Tønner med miljøbetenkelig innhold ble derimot ikke registrert, heller ikke sammenhengende tjære/beklag slik det ble påstått å skulle være. Bunnen er kartlagt og informasjonen vil komme til nytte i forbindelse med videre sedimentundersøkelser. Søket etter avfall rett ved Buøyskjæra ble avsluttet som lite sannsynlig dumpingssted. I stedet ble det søkt etter tønner i et område lenger øst utenfor Håneset. Lokaliteten ble stedfestet av en kjentmann som hadde vært med på dumping. Tønner ble heller ikke registrert i dette området. Det kan skyldes korrosjon eller overdekking med nye sedimenter. Miljøfaren ved det dumpede avfallet synes å være mindre enn først antatt, men det vil fortsatt være ønskelig å fastslå endelig om avfallet er deponert ved Håneset eller andre steder og om det er skadelig for miljøet.

Sedimentundersøkelsene har avdekket at resipienten er sterkt belastet, både i Heggedalsbukta og i Tromøysund rett utenfor Nitriden. Hele sundet er sterkt forurensset med PAH og PCB, og moderat til markert belastet med tungmetaller. Belastningen må undersøkes nærmere både i transekter ut fra land og i dybden. Det er særlig viktig for Eydehavn Næringsutvikling A/S som planlegger anleggsarbeid rett utenfor Steikeritomta. Forholdene må være brakt på det rene før det kan besluttet om arbeidet kan iverksettes. Det er også aktuelt å undersøke belastningen i sedimentene på dumpingsstedet for tønner.

I samband med vurderingene av konflikten mellom miljøbelastende forbindelser på land og resipienten kan det være aktuelt å iverksette nærmere studier i strandkanten på steder hvor utvasking kan foregå. Både biologiske indikatorer og sedimentfeller kan benyttes i effektstudier for å vurdere om, og under hvilke betingelser utvasking foregår. Effektstudier bør også settes i verk som del av et overvåkningsprogram for å måle effekten av inngrep og tiltak på området.

Som grunnlag for videre konsekvensvurdering og miljøkonflikt er det etablert et referansemateriale over bakgrunnskonsentrasjoner av organiske og uorganiske forbindelser i nedbørfeltet.



## 1. INNLEDNING

I 1990 avdekket Fylkesmannen i Aust-Agder (Fjelldal 1990) mulige konflikter mellom den tidligere industrivirksomheten ved Nitriden i Eydehavn, Arendal (1912-1975) og omliggende miljø. I Statens forurensningstilsyns (SFTs) kartlegging av deponier og forurenset grunn i Aust-Agder i 1990 (Brunstad og Lind 1990) ble lokalitetene registrert og dermed satt på lista over steder som på landsbasis skulle undersøkes mht. miljøfare og evt. behov for tiltak.

Ved Nitriden satte SFT i gang forskutterte undersøkelser i 1992. Gjennom oppfølgingsarbeidet skal beslutningsgrunnlaget for gjennomføring av kost-effektive oppryddingstiltak på området bedres. Undersøkelsene skulle resultere i en handlingsplan for opprydding av spesialavfall på området, og inkludere konsekvensvurderinger og kostnadsoverslag. I et innledende forprosjekt (Sæland 1992) ble mest mulig materiale og bakgrunnskunnskap stilt sammen for å definere problemstillingene og avklare kunnskapsbehovene på hver lokalitet. Det ble også foreslått en undersøkelsesstrategi for hele prosjektet og for hver lokalitet. Forprosjektrapporten la grunnlaget for innhenting av tilbud og gjennomføring av undersøkelsene som denne rapporten er en oppsummering av.

Ved Nitriden er det i alt registrert 10 potensielt forurensede lokaliteter, inkludert 2 som ble registrert i forprosjektet. 2 av deponiene ligger i nærheten av steder hvor Arendal Smelteverk a.s. har tippet avfall. De fleste typer av grunnforurensning er representert:

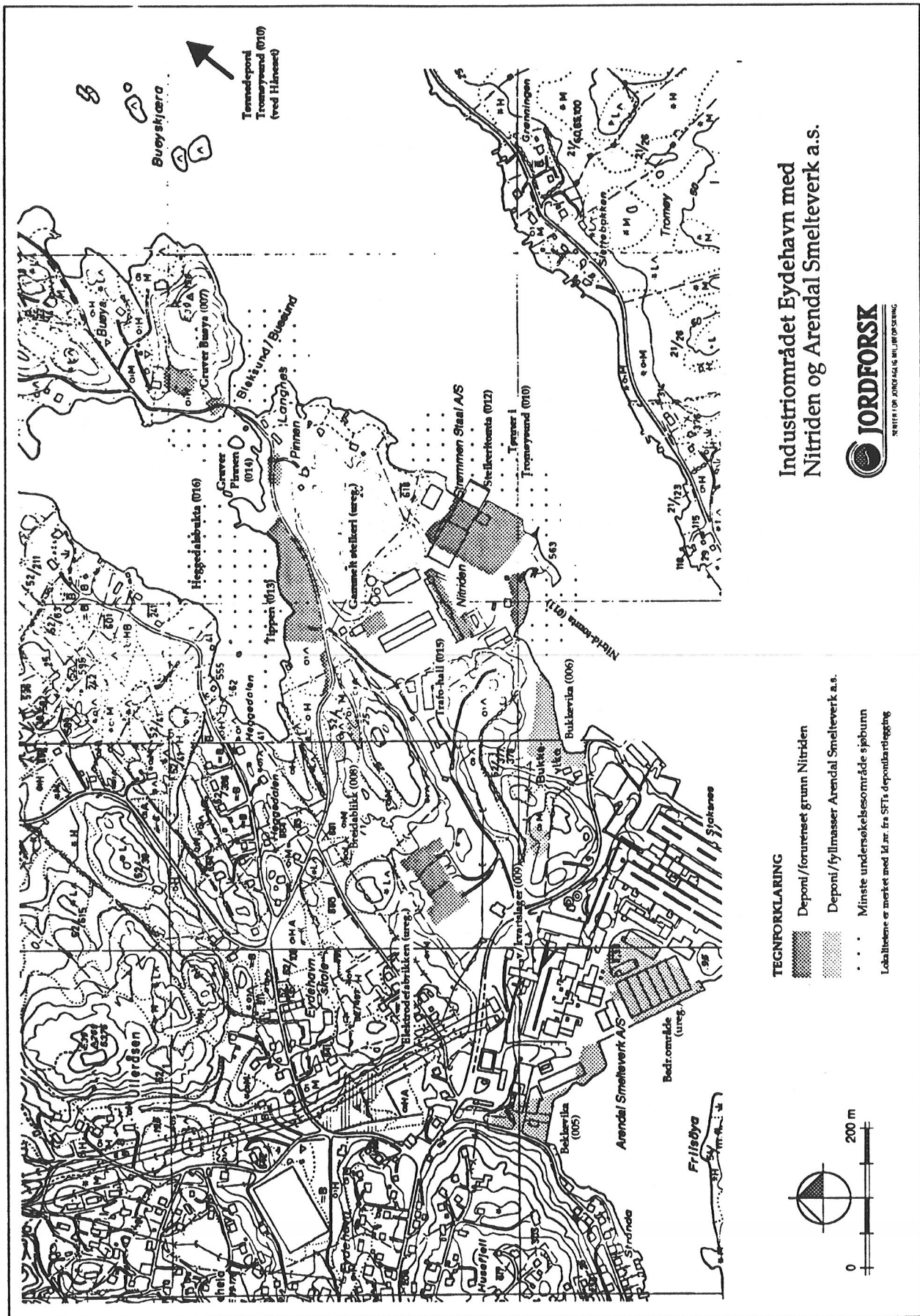
- Spill og lekkasjer; forurenset grunn
- Avfall i sjønære deponier
- Avfall deponert i gruvesjakter.
- Droppsteder for fat i sjøen
- Forurensede sjøbunnsedimenter

I forprosjektet ble lokalitetene sortert i 6 delområder. Oppdelingen var dels geografisk betinget og dels betinget av at problemstillingene ville kreve ulik angrepsmåte og kompetanse. Undersøkelser for å etablere et referansegrunnlag for forurensningsbelastning ble også definert som et 7. delområde.

Undersøkelsene gjennomføres i faser. Situasjonen kan da avklares så tidlig som mulig på hvert sted mht. om mistanken om spesialavfall kan bekreftes eller avkreftes, og mht. hvor det er nødvendig å gå videre med tilleggsundersøkelser.

På grunnlag av forespørsel sendt ut til et begrenset antall bedrifter/institusjoner, ble 4 valgt ut til å gjøre undersøkelsene i fase 2 innenfor hver sine delområder (jf. figur 1 og de enkelte delrapportene):

- Delområde 1: Elektrodefabrikken, NGI (Rødsand et al. 1992),
- Delområde 2: Nitridentomta, NOTEBY (Grepstad og Bruskeland 1993),
- Delområde 3: Tippen, NGI (Rødsand et al. 1992),
- Delområde 4: Gruver på Pinnen og Buøya, NGI (Rødsand et al. 1992),
- Delområde 5: Tønnedeponi Kai og Buøyskjæra, GEOMAP (Pedersen og Ingebretsen 1992),
- Delområde 6: Sediment i Heggedalsbukta og Tromøysund, NIVA (Helland 1993),
- Delområde 7: Bakgrunnsmålinger i regionen, NOTEBY (Bruskeland og Grepstad 1992).

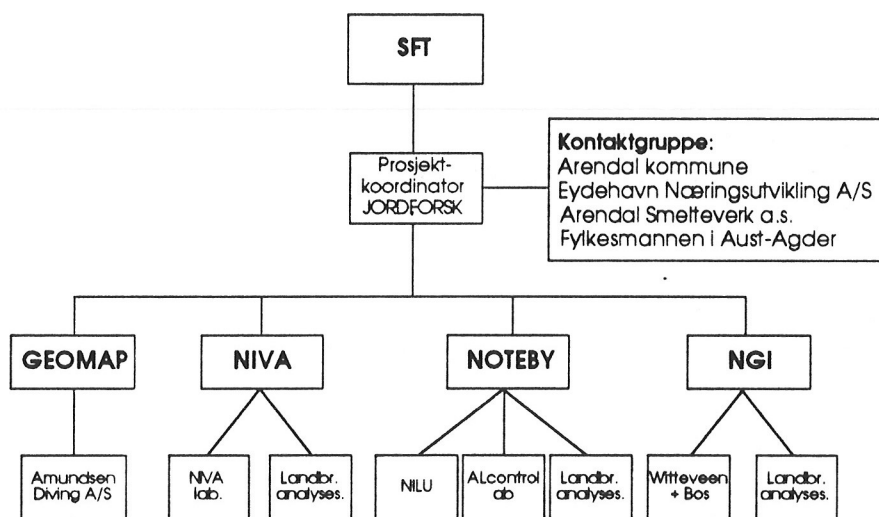


Hittil er kun avklarende undersøkelser gjennomført. Resultatene viser hvor og i hvilket omfang det må utføres supplerende undersøkelser i en 3. fase. På dette grunnlaget skal beslutninger om tiltak kunne tas. Det forutsetter at forurensningssituasjonen og konfliktene er kjent og vurdert mht. miljøfare.

Når beslutning om tiltak er gjort, vil evt. utarbeidelse av grunnlag for valg av tiltak begynne. I dette ligger bl.a. metodevalg og utarbeidelse av prosjekteringsunderlag. Foreløpige tiltak kan også innebære overvåkning, dersom forurensningssituasjonen ikke er tilstrekkelig klarlagt, eller effekten av kostnadskrevenende tiltak er usikker.

## 2. PROSJEKTORGANISERING

SFT har stått for undersøkelsene og har derfor også hatt det formelle prosjektansvaret. JORDFORSK ble innleid som prosjektkoordinator på vegne av SFT. Dvs. at de utførende enhetene har rapportert til SFT, men har vært underlagt prosjektkoordinator i gjennomføringen. Da området i dag involverer flere grunneiere og festere, ble det også opprettet en kontaktgruppe som fulgte arbeidet, tilrettela for gjennomføring og kom med innspill. Fylkesmannens miljøvernnavdeling var også representert (jf. figur 2).



Figur 2. Prosjektorganisering for undersøkelser i fase 2.

## 3. FORMÅL I FASE 2

### 3.1 Delundersøkelser

De avklarende undersøkelsene har hatt til målsetting å framskaffe kunnskap for å si noe sikkert om, og i hvilken grad stedene er forurensset med avfall. Det har i første rekke vært snakk om inventeringsundersøkelser i felt for å gi en situasjonsbeskrivelse mht. topografi og grunnforhold, og avklare omfang, utstrekning og forurensningsbelastning på hver lokalitet, både på land og i sjøen.

Det skulle også gjøres en vurdering av spredningsveier og fare for forurensningsspredning på grunnlag av geologiske/hydrografiske forhold, egenskaper

ved forurensende forbindelser og/eller observasjon av grunnvannsgradienter/tidevannsfluktuasjon. Spredningsvurderingene skulle først og fremst basere seg på logiske resonnementer ut fra den etablerte kunnskapen om områdene, da detaljerte studier først evt. kommer inn i fase 3.

Ut fra resultatene som kom fram, skulle rapporteringen av delundersøkelsene avsluttes med skisseringen av program for supplerende undersøkelser dersom delprosjektene ble anbefalt ført videre i neste fase.

Detaljerte formål ble gitt for hvert delområde. De er gjengitt bl.a. som vedlegg til de enkelte delrapportene (unntatt for delområdene 1, 3 og 4).

### **3.2 Sluttrapportering**

Denne rapporten skal evaluere og sammenfatte resultatene fra alle delaktivitetene, klargjøre arbeidsmetoder og resultater, diskutere/vurdere resultatene og gi forslag til eventuell videreføring i fase 3.

## **4. GJENNOMFØRING**

Følgende kapitler gjengir summarisk hvilke arbeider som er blitt utført innenfor hvert delområde.

### **4.1 Elektrodefabrikken, delområde 1**

NGI beskrev området innledningsvis ut fra feltbefaringer, samtaler med kjentfolk og nærmere tolkning av kartgrunnlaget fra forprosjektet. Området er ca. 20 daa. Utførte undersøkelser omfattet:

- Totalsondering på 6 steder.
- Grunn sjaktgraving på 12 steder (de fleste 0,5 til 1 m dype) med kort beskrivelse av masseinnhold og uttak av prøver til analyse fra 3 steder.
- Skovelboring på 3 steder, hvorav to med installering av observasjonsbrønner. Uttak av jordprøver fra flere dyp ned til 1,5 -3,5 m.
- Logging av brønnene for kjemisk-fysiske parametere. Prøvetaking av grunnvann én gang.
- Kjemisk analyse av 10 jordprøver og 2 vannprøver fra 6 steder. Analysene omfattet både GC-MS "organisk screening", olje IR og PAH. Pga. feilbestilling ble screening-analysene mer omfattende enn tenkt fra NGI sin side.

### **4.2 Nitridentomta, delområde 2**

NOTEBY la ned nyttig arbeid i å utfylle beskrivelsene av produksjonsprosesser m.m. som grunnlag for undersøkelser. En gjennomgang av grunnlagsmaterialet, flybilder og samtale med kjentfolk ga også et godt utgangspunkt for undersøkelsene. NOTEBY delte området inn i 4 underområder: "Nord for Omformerhallen", "Trafo-området/Omformerhallen", "Steikeriet" og "Tromøysundtippen". Hele området er ca. 53 daa. Utførte undersøkelser omfattet:



- 7 sjaktgravinger på søndre del og 2 på nordre, til 1 til 3 m dybde. Beskrivelse og uttak av faststoffprøver.
- Overflateprøver fra 4 steder på søndre del.
- 1 skovelboring på nordre del.
- Etablering av 5 observasjonsbrønner til fjell på søndre del og 4 brønner på nordre del (3 til 9 m dyp, forboring med odex). En prøvetaking fra samtlige 9 brønner, to fra brønner i tidevannsekspontert område.
- Kontinuerlig logging av vannstand gjennom ett døgn i en sjønær brønn.
- Kjemisk analyse av 32 jordprøver og fysisk analyse av 8. Kjemisk analyse av vannprøver fra bønner og 2 kummer. Analyse i varierende antall av ekstraherbart organisk stoff, upolare org. forbindelser, PAH, PCB, tungmetaller, vannløselig fluorid og cyanid, samt korngradering og glødetap.

### **4.3 Tippen, delområde 3**

NGI beskrev området innledningsvis ut fra feltbefaringer og nærmere gjennomgang av eldre kartmateriale og flybilder. Tippen dekker 7-8 daa. Utførte undersøkelser omfattet:

- Totalsondering på 2 steder, dreietrykksondering på 6.
- Sjaktgraving på 7 steder (0,7 til 1,8 m dyp) med kort beskrivelse og uttak av 3 faststoffprøver.
- Skovelboring på 4 steder, hvorav uttak av faststoffprøver fra ett eller flere dyp på tre av stedene (2 til 7 m dyp).
- Installasjon av brønner på de 4 borstedene.
- Logging av brønnene for kjemisk-fysiske parametere. Prøvetaking av grunnvann én gang, samt vannprøve fra én kum.
- Kjemisk analyse av jord- og vannprøver. Analysene omfattet GC-MS "organisk screening", tungmetaller, fluorid og cyanid.

### **4.4 Gruver på Pinnen og Buøya, delområde 4**

NGI beskrev gruvene inngående historisk og i forhold til senere års bruk. Vurderinger er gitt av innfyllingsgrad og mulighet for kommunikasjon med sjø. Undersøkelsene omfattet:

- Gjennomgang av gammelt kartmateriale og søk i gamle kilder etter informasjon om gruvene.
- Befaring for berggrunnsgeologisk beskrivelse av området.
- Samtale med en rekke personer som på ulike måter hadde kjennskap til avfallsdeponeringen.
- Kjemisk/fysisk vertikal logging av vannkvaliteten i en sjakt.
- Uttak av vannprøve og kjemisk analyse av tungmetaller, cyanid, GC-MS screening, COD og BOD.

### **4.5 Tønnedeponi Kai og Buøyskjæra, delområde 5**

GEOMAP utførte søk etter dumpede tønner og annet avfall på sjøbunnen i tre områder: Indre havn, kaiområdet og øst for Buøyskjæra. Søket ved Buøyskjæra ble flyttet til et område lenger øst i sundet enn planlagt, til utenfor Håneset. Flyttingen ble gjort på grunnlag av manglende samsvar med forventede bunn-

forhold, samt verdifull informasjon fra kjentmann. Flyttingen, samt skade på utstyr reduserte detaljeringsgraden noe i forhold til planen, men økte omfanget. Undersøkelsene omfattet:

- Ekkolodding: ved Kai og i Indre havn (60 daa) med 5 m linjeavstand, ved Buøyskjæra (30 daa) med 5 m linjeavstand og ved Håneset (450 daa) grovkartlegging med 50 m linjeavstand.
- Nyansert beskrivelse av deponeringen ved samtaler med kjentmann.
- Magnetometermåling langs 4 parallelle linjer i sundets lengderetning.
- Søk med miniundervannsbåt (ROV), videoopptak og stillbildefotografering: Systematisk søk med 10 m linjeavstand utenfor Kai og i Indre havn. Søk langs en kontinuerlig linje i sundets lengderetning og på spredte linjer som pekte seg ut som interessante fra magnetometermålingene.
- Dykkerassistanse ved NIVAs prøvetaking i Tromøysund og nøyaktig posisjonering av prøvelokalitetene (13 steder).

#### **4.6 Sediment i Heggedalsbukta og Tromøysund, delområde 6**

NIVA kartla forurensningsbelastningen med bakgrunn i tidligere resipientundersøkelser. Bearbeidelsen av materialet legger vekt på årsakssammenhenger og mulige kilder til forurensningen. Undersøkelsene har omfattet:

- Uttak av sedimentkjerner fra 9 steder i Heggedalsbukta og 11 steder i Tromøysund. I Tromøysund ble prøvetakingen gjort i samarbeid med GEOMAP, ved at NIVA også fikk tilgang til videoopptakene som endelig grunnlag for valg av prøvesteder.
- Analyse av 0-2 cm snitt fra alle kjerner, samt i snitt til 15-20 cm dyp på 2 stasjoner i Tromøysund og 1 stasjon i Heggedalsbukta.
- Kjemisk analyse av kongevannsoppsluttete tungmetaller, PCB, PAH, TOC, nitrogen og enkelte flussyre/kongevannsoppsluttete tungmetaller.

#### **4.7 Bakgrunnsmålinger i regionen, delområde 7**

NOTEBY delte på bakgrunn av vurderinger av utslipp til luft fra Nitriden og Arendal Smelteverk a.s. inn nedbørfeltet i delområder mht. variasjon i forventet forurensningsbelastning. Undersøkelsene omfattet:

- NILU satte opp en spredningsmodell basert på meteorologiske data, og beregnet belastningsfeltet i bakkenivå fra de to industribedriftene. Dette som grunnlag for uttak av prøver i felt.
- Uttak av jordprøver fra 5 lokaliteter i hver av 4 nedbørfelt i området Eydehavn og Tromøya nord (0,1 til 1,7 km fra Nitriden). Prøvene ble tatt som blandprøver fra 10-25 uttak av humuslaget (0-5 cm) innenfor områder på 50-100 m<sup>2</sup>. Et jordprofil ble i tillegg beskrevet for hvert nedbørfelt. I alt uttak av 21 jordprøver og en vannprøve (overflatevann).
- Kjemisk analyse av PAH (HPLC), tungmetaller og vannløselig fluorid, vannløselig cyanid i tillegg for vannprøven.

## 5. OPPNÅDDE RESULTATER

I det følgende presenteres sammendrag av resultater og diskusjon. Resultatene kommenteres i forhold til målsettingene og det gis en kort vurdering av hvordan spørsmålene som ble reist er blitt besvart. Informasjonen fra hvert delområde er vurdert for seg, men også trukket sammen til et hele. En endelig sammenstilling vil først måtte komme etter tilleggsundersøkelsene i fase 3.

Det bør nevnes at hvert program før iverksettelse ble justert i omfang for å passe inn i totale kostnadsrammer. Det har derfor ikke vært hverken meningen eller mulig å besvare alle problemstillingene nå. Det vil også være en grense for hvor langt datamaterialet bør tolkes i den innledende undersøkelsesfasen. Evalueringen er en skjønsmessig vurdering av arbeider og resultater i forhold til hva som var forventet innen de gitte rammene.

### 5.1 Bakgrunnsmålinger i regionen

Bakgrunnsundersøkelsene i regionen er grundig utført og vil være et godt grunnlag for vurdering av miljøbelastning og miljøkonflikt. Belastningen i regionen i seg selv synes ikke å utgjøre noen helserisiko. Undersøkelsen gir ikke grunnlag for å kvantifisere tilførselen av stoffer fra nedbørfeltet til Tromøysund, men det blir sannsynliggjort at tilførselen trolig er lav.

Det blir påvist en klar sammenheng mellom stoffkonsentrasjon og avstand til bedriftene for de fleste stoffene som er analysert.

For fluorid varierer det vannløslige innholdet i overflatejord mellom <0,4 og 12 ppm. I 0,3 til 0,6 km avstand fra bedriften er innholdet stort sett mellom 3 og 10 ppm. Innholdet må anses som lavt og har ingen betydning for resipienten.

Tungmetallinnholdet er stort sett innenfor forventet bakgrunnskonsentrasjon ut fra geologi og tidligere undersøkelser. Høyeste målte innhold er for Zn 133 ppm, Cu 69 ppm, Pb 92 ppm, Cd 2,8 ppm, Cr 26 ppm, Hg 1,3 ppm og As 4 ppm. Det er likevel en klar tendens til avtakende konsentrasjon fra bedriftene. Prøver fra Heggedalsbukta skiller seg litt ut med høyere konsentrasjoner av kadmium, kvikksølv og arsen. Kvikksølvinnholdet er også høyere på Tromøya nord enn nær bedriftsområdet. Høyest konsentrasjon er likevel målt mellom Nitriden og Arendal Smelteverk a.s.

PAH-innholdet ( $\Sigma 10\text{PAH}$ ) i humuslaget umiddelbart rundt bedriften varierer mellom 3 og 45 ppm, høyest på kollen mellom Nitriden og Arendal Smelteverk a.s. I nedbørfeltene rundt er innholdet 0,2 til 3 ppm. En referanse på upåvirket grunn hadde 0,18 ppm PAH. Innholdet er generelt lavt, men forurensningsgradienten mot bedriftene er likevel klar. Det er ikke rapportert om systematiske forskjeller mellom PAH-profiler fra ulike steder, som kunne antyde noe om kilden (Nitriden eller Arendal Smelteverk a.s.).

### 5.2 Sediment i Heggedalsbukta og Tromøysund

NIVAs undersøkelse har et analytisk utgangspunkt hvor det søkes etter dokumenterte sammenhenger mellom kilde og forurensningsbelastning. En uoverensstemmelse i resultatene mellom sjø og land klarlegger behovet for videre

søk etter kilden til bl.a. PCB. Variabiliteten synes å være stor mht. forurensningsbelastning. Det gjelder særlig eksponerte sedimenter i Tromøysund, men også som resultat av store gradienter fra forurensede områder på land og til sjøen. En nærmere beskrivelse av gradientene, både langs bunnen og i dybden, vil styrke beslutningsgrunnlaget og forståelsen av utlekkingen.

Miljøene i Heggedalsbukta og Tromøysund er vesentlig forskjellig. I Heggedalsbukta er sedimentene anoksiske, finkornige og rike på organisk materiale med marin opprinnelse. I Tromøysund er sedimentasjonen langt mer vekslende, ofte lavere. Sedimentene er mer eksponert (utsatt for strøm og bølger), særlig utenfor Steikeritomta. De består hovedsakelig av sand. Det organiske innholdet er lavere enn i Heggedalsbukta, og har opphav i tilførsler fra land.

Sedimentene er generelt meget sterkt forurensset av PAH. Det ble observert klare avtakende gradienter fra Tippen i Heggedalsbukta og fra Nitridentomta mot sentrale deler av Tromøysund. Utenfor Steikeriet var konsentrasjonen oppe i 770 ppm (2 500 x normal verdi), mens innholdet på det laveste var 10 ppm (midt i Tromøysund), men fortsatt oppe i klassen for "sterkt forurensede" sedimenter (kl. 4). PAH oppgis av NIVA som  $\Sigma 26$ PAH-forbindelser. Som  $\Sigma 10$ PAH er maks.- og min.-konsentrasjonene 493 ppm og 6,7 ppm. KPAH uttrykker innholdet av potensielt kreftframkallende forbindelser. Det varierte mellom 3 og 212 ppm. Benzo(a)pyren, som er den mest potente forbindelsen, var oppe i en konsentrasjon på 36 ppm. Steikeritomta anses som hovedkilden til PAH i sundet. PAH-profilen var ikke vesentlig forskjellig prøvestedene i mellom, bortsett fra at sedimentene utenfor Steikeriet manglet de letteste PAH-forbindelsene. Det har trolig sammenheng med ulike vilkår for oppløsning og nedbrytning av stoffene.

Sedimentene er også meget sterkt belastet med PCB. Høyeste konsentrasjon ble målt i Heggedalsbukta med 230 ppb tot. PCB (46 x forventet bakgrunnsnivå), mens laveste innhold var på ca. 10 ppb. Mot Tromøysund ble det påvist sedimenter med 150 ppb PCB utenfor Tromøysundtippen og 190 ppb utenfor Steikeriet. Grensen for "sterkt forurensede" sedimenter (kl. 4) er av NIVA satt til 100 ppb for PCB. Av samme årsak som for PAH mangler lavklorert PCB i prøvene fra Tromøysund. Forurensningsbelastningen anses som like alvorlig som PAH, da giftigheten og persistensen er større.

I Heggedalsbukta ble det på flere steder også observert geléaktige hvitgrønne masser på 20-30 cm dyp i sedimentene. En analyse avkreftet at dette skyldtes PCB. Opprinnelsen til stoffet ble ikke avklart.

Av tungmetaller (kongevannsoppløst konsentrasjon) ble det påvist høyest konsentrasjon av kvikksølv (0,04-0,72 ppm), kadmium (0,09-4,0 ppm), kobber (12,4-175 ppm) og bly (17,3-181 ppm). For Hg og Cd var konsentrasjonene klart høyest i Heggedalsbukta. For bly og kobber var belastningen noen lunde lik, men med en overvekt av bly i Tromøysund og kobber i Heggedalsbukta. Forurensningsbelastningen blir karakterisert som markert eller moderat.

Undersøkelsene på land (Tippen og Nitridentomta) viste at bly, kobber og kadmium i jord var høyere enn i sedimentene. For kvikksølv derimot var konsentrasjonene gjennomgående høyere i sedimentene enn i avfall og forurensset grunn på bedriftsområdet, mens den var lavere enn i enkeltprøver fra nedbørfeltet. Dette indikerer en annen kilde til forurensning enn Nitriden.



Analysene av sedimentsnitt fra ulike dyp forteller i store trekk at tilførselen til sedimentene i Heggedalsbukta har avtatt gjennom årene, da det observeres økende konsentrasjon mot dypet. Ny sedimentasjon overlager dypere forurensede sedimenter, forutsatt at sedimentene blir liggende i ro. I Tromøysund observeres i mange tilfeller en avtakende konsentrasjon mot dypet. Det kan bety at tilførselen fra land opprettholdes, eller det kan ha sammenheng med forskjellen i hydrografiske forhold mellom de to stedene.

Ut fra tidligere forsøk med utlekking av PAH fra sedimenter, anser NIVA de forurensede sedimentene som mindre miljøbelastende enn den antatt fortsatte tilførselen fra land. Det forutsetter imidlertid at sedimentene ligger i ro. Ved oppvirvling i samband med bølger, båttrafikk og arbeider i sjøen, kan frigivelsen fra sedimentene bli betydelig og vil avhenge av mektigheten til de forurensede sedimentene, både i Heggedalsbukta og utenfor Nitriden i Tromøysund.

### 5.3 Tønnedeponi Kai og Buøyskjæra

Søket etter deponert avfall ble gjennomført systematisk, fleksibelt og effektivt. Ekkolodding og magnetometer ga tilsammen informasjon som kunne verifiseres ved hjelp av ROV m/videoopptak og dykker. Kombinasjonen av ulike teknikker var en styrke, ved at resultatene fra hver metode samlet ga mulighet for større tolkning og mer nyansert framstilling av situasjonen. Ved bruk av flere metoder var det dessuten mulig undervegs å endre strategi, når det var nødvendig pga. stedlige forhold (sikt og strøm) eller teknisk svikt (magnetometer).

Dokumentasjonen i rapporten er bra og den nøyaktige posisjoneringen gjør det mulig å arbeide videre innenfor relativt godt avgrensede områder. Undersøkelsene viser imidlertid hvor viktig det er å nytte seg av informasjon fra kjentfolk. Avveininger må likevel gjøres når det gjelder ressursbruk til informasjonsinnhenting eller egne målinger.

#### 5.3.1 Kai og Indre havn

Sjøbunnen utenfor Kaia faller raskt fra land. 60 m ut er dybden ca. 30 m (helling 1:2). I Indre havn er det relativt slakere fra foten av fyllingsfronten og utover (helling 1:8). Selve fyllingsfronten er imidlertid bratt. Foten ligger på ca. 14 m dyp 20 m fra land. Den detaljerte kartleggingen avdekket noen gjennomrustede fat og en del skrot, særlig i fyllingsfronten til deponiet i Indre havn. Det ble ikke observert tønner av den typen som skal ha blitt brukt til tjære/bekavfall.

Området var ikke preget av avfall eller lag som det vil være miljøfare knyttet til. Det var ikke mulig å observere fritt tjærelag eller annen løs forurensning på bunnen, bortsett fra en lokalitet hvor blåsesandlignende materiale var deponert og en annen hvor dykkeren ble litt tilgriset av tjære ved vandring på bunnen. Dette bekrefter at det kan finnes flekker med seig tjære, men omfanget må være betydelig mindre enn skissert i forprosjektet. Observasjonene ble noe vanskeligere pga. et finpartikulært "snølag" som kamuflerte bunnen. NIVAs prøver viser at konsentrasjonen av PAH (og PCB) er meget høy, selv om sedimentet ikke ga visuelt inntrykk av å inneholde tjære eller lignende konsentrert forurensning. NIVA påviste tjære i en av sine sylindere tatt utenfor Kaia.

### 5.3.2 Buøyskjæra og Tromøysund ved Håneset

Rett øst og sørøst for Buøyskjæra var det grunnere enn forventet på dumpingsstedet. Etter kontakt med en tidligere ansatt ved Nitriden, som var med på dumping, ble søket avsluttet og flyttet lenger øst (nordøst) i sundet. Kjentmannen hadde et med utenfor Håneset som ble utgangspunktet for videre søk.

Ekkoloddingen på det nye stedet viste god overensstemmelse med forventet dybde (40-50 m). Det viste seg også at det i området var en "djupål", slik det ble sagt å skulle være på dumpingsstedet. Med magnetometer ble det påvist noen anomalier, som senere viste seg ikke å ha sammenheng med avfallsdumpingen. Det ble ikke registrert noe avfall i området, selv om sannsynligheten for å treffe på tønner burde være relativt stor ut fra måten dumping skal ha foregått på innenfor "medområdet" på ca. 20 daa (1 tønne pr. 8 m<sup>2</sup> forutsatt jevn fordeling).

Mye tyder på at tønnene kan være korrodert bort. Det burde i så fall være mulig å påvise "avfallshauger" der tønnene lå. Det lot seg heller ikke gjøre, noe som kan skyldes en kombinasjon av sedimentasjon i tiden etter deponering (dumping skal ha opphørt ca. 1970) og at det var relativt dårlig sikt.

Fra GEOMAP og NOTEBYs undersøkelser viser det seg at avfallet kan ha vært fastere enn antatt; i større grad bestått av bek enn tjære. Det reduserer faren for mobilisering av stoffer og skade på miljøet. Totalt sett synes det som om tønne-deponiet, dersom det ligger ved Håneset, ikke er en så stor miljøtrussel som først antatt. Alle forhold er likevel ikke endelig klarlagt.

## 5.4 Gruver på Pinnen og Buøya

Beskrivelsene av gruvene er nokså grundige og godt dokumentert. Situasjonsbildet og muligheten for lekkasjer er beskrevet på en sannsynlig måte. Det knytter seg likevel fortsatt usikkerhet til mengdene av deponert industriavfall og hvordan avfallet ligger, særlig når det gjelder gruvene på Pinnen.

Berggrunnen består av båndgneis med vekslende amfibolittiske og granittiske lag. I lagene er det pegmatittlinser som det ble drevet gruvedrift etter jernglans på. Området er uten store gjennomgående knusningssoner som kan påvirke grunnvannsstrømningen i gruvene. Foliasjonssprekkene er trange og svært plane, slik at sprekkekonduktiviteten er lav. NGI konkluderer med at vanntransporten i fjellet er svært liten, både for gruvene på Buøya og på Pinnen.

### 5.4.1 Buøya

Gruva på Buøya består av tre sjakter som ligger etter hverandre inn fra Heggedalsbukta. Hovedgruva er størst og ligger innerst, mens gruve 1 ligger ytterst og er noe mindre. Gruve 2 er bare en liten sjakt. NGI anslår innfyllingsvolumet for fast avfall i hovedgruva til 5 000 m<sup>3</sup>. I tillegg kommer masse fylt over sjaktåpningen, tilsvarende ca. 1 000 m<sup>3</sup>. Avfallet består av produksjonsavfall fra Arendal Smelteverk a.s., stein og annet grovavfall fra tidligere Moland kommune. Gruve 1 har et fritt vannspeil. Det innfylte massevolumet antas å være 4 000 m<sup>3</sup> av et totalvolum på ca. 5 000 m<sup>3</sup>. Massene ligger med fall i rasvinkel mot Heggedalsbukta og vanddybden er ca. 11 m under brua. Det totale volumet av innfylte masser anslås etter dette til ca. 10 000 m<sup>3</sup>. Hvor mye produk-

sjonsavfallet fra Nitriden og Arendal Smelteverk a.s. utgjør av totalen, anslås ikke, men volumet antas å være vesentlig mindre enn 10 000 m<sup>3</sup>.

Ved logging av vannkvaliteten nedover i gruve 1 ble det konstatert at det gikk raskt over til å bli reduserende forhold i vannmassene og at de derfor syntes å være relativt stagnante. Konduktiviteten økte også med dybden og antydte en viss kommunikasjon med sjøen, men ledningsevnen på 8 m dyp var likevel bare ca. 1/3 av hva en normalt finner i sjøvann. NGI fikk inntrykk av at overflatevann som samlet seg i sjakta rant over kanten og ut i Heggedalsbukta uten å blande seg i vesentlig grad med de dypere vannlagene.

En vannprøve fra 8 m dyp i gruve 1 hadde en konsentrasjon av  $\Sigma 10\text{PAH}$  på 253 µg/l, mens cyanidkonsentrasjonen var 45 mg/l. Det er i begge tilfeller høye verdier, som indikerer at det finnes en kilde til forurensning i gruvene. Det gjenspeiles også i relativt høye verdier for BOD og COD. Metallkonsentrasjonen var derimot lav for alle elementer.

#### 5.4.2 Pinnen

Gruvene på Pinnen ble fylt igjen i 1989 i samband med utbygginga av vegen til Buøya. Gruveåpningen skal ha vært 100-150 m<sup>2</sup>. Til gjenfylling ble det brukt stein- og jordmasser og åpningen skal ha blitt støpt igjen med betong. Kilder NGI var i kontakt med sier at gruva ved oppfylling var ganske grunn. De antar derfor at den var vesentlig mindre enn gruvene på Buøya. Informasjon om hva som ble deponert av avfall har det ikke vært mulig å komme videre med. Ut fra geologiske forhold (berggrunn og sprekkemønster) antar NGI at gruvene på Pinnen og Buøya er nokså like når det gjelder kommunikasjon med sjøen.

### 5.5 Tippen

#### 5.5.1 Generelt

Undersøkelsene av Tippen fikk en annen form enn forventet ut fra programmet. Feltarbeidet, bl.a. valget av prøvesteder, kunne vært bedre justert for å fange opp faktiske forhold i felt. På noe av undersøkelsen kunne det vært gjort mer for å verifisere antakelsene/hypotesene som ble satt opp i forprosjektet. En del av datainnsamlingen synes dessuten å ha foregått uten en samlet strategi.

Rapporten mangler noe på å være en helhetlig sammenstilling og tolkning av innsamlede data. Informasjon kunne vært bedre bearbeidet. Feltregistreringer og kjemiske analyser er i første rekke framstilt som selvstendige uttrykk for forurensningsbelastningen, bl.a. ved direkte sammenligning med nederlandske ABC-verdier. Forurensningssituasjonen er i liten grad beskrevet som en funksjon av forurensningskildens form, tilstand, kjemiske karakter og beliggenhet i forhold til påvirkning fra overflatevann, grunnvann og sjøvann.

## 5.5.2 Beskrivelse

### Omfang, avgrensning og drenering

Avfallet karakteriseres som en heterogen blanding av ovnsavfall, aske, slagg, steingods og glassfiber (trolig asbest). Produksjonsavfallet ligger sammenblandet med sprengstein, jernskrap, trevirke og annet bygningsavfall. På fyllingsfronten og i østre del er det mer sprengstein enn på indre område. Avfallet ligger både over og under kote 0. NGI anslår deponiflaten til 7 000 m<sup>2</sup> og volumet til rundt 50 000 m<sup>3</sup>. Utstrekningen angis som grensen for endringer i topografien mellom 1912 og 1985. Dvs. at fyllmassene ligger både under veien og et stykke innover mot fyllingen Breidablikk. Et par grunne sjakter er gravd vestover langs Buøyveien for å verifisere utstrekningen. Avgrensningen kan foreløpig ikke sies å være endelig definert. Prøvestedene for sjakting, skovling og brønner ligger ellers hovedsakelig i bakkant av deponiet i forhold til dagens utstrekning. Mektigheten på fyllmassene og sedimentene kan derfor være større enn det NGI angir på grunnlag av sine geotekniske undersøkelser.

Deponiet påvirkes av vann fra Nitridentomta, bakenforliggende nedbørfelt og området Breidablikk. Deler av Breidablikkdeponiet dreneres også mot nord og kommer da ikke i konflikt med Tippen. Dreneringsmønsteret kan være endret i forhold til naturlig strømming pga. drengsledningene fra Nitridentomta, etableringen av veg inkludert vann og avløp til Buøya og overflatedreneringen langs vegen. Betydningen av evt. foretrukne dreneringsveier må vurderes nærmere.

"Logging" av vannkvaliteten i de 4 brønnene viste at vannet var lite oppblandet med sjøvann, også under kote 0. Dette tolkes som at deponimassene er relativt lite permeable. Konduktiviteten varierer også ganske mye fra sted til sted og i ulike lag av deponiet. Det bør være uttrykk for at massene også er svært heterogene. Dersom de observerte grunnvannsnivåene er representative, er gradienten ut til Heggedalsbukta stor for denne typen avfallsdeponier. På grunn av densitetsforskjeller vil ferskt grunnvann flyte oppå salt grunnvann og det ferske vannet vil ligge dypere ned enn kote 0. Muligheten for mobilisering av stoffer pga. saltvannspåvirkning vil da være redusert.

### Forurensningsbelastning

Analysene av ulike typer deponimasser viste et innhold av  $\Sigma 10\text{PAH}$  på 101 til 578 ppm. Innholdet av alkaner (C<sub>13</sub>-C<sub>40</sub>) var fra 190 til 1 300 ppm i de samme prøvene. Forurensningen er mest trolig relatert til tjære/bek. Innholdet er relativt høyt, men ikke ekstremt for denne typen avfallsmasser. En prøve hadde alkaninnhold på 3 500 ppm. NGI tolker dette som oljeforurensning uten tilknytning til tjære/bek. Forøvrig rapporteres det ikke om annen organisk forurensning i massene. Det til tross for at NIVA i sine undersøkelser konkluderte med sterk forurensningsbelastning av PCB i sedimentene utenfor (høyeste konsentrasjon 230 ppb PCB, jf. kap. 5.2. Deteksjonsgrense PCB for NGI 50 ppb). Analysebevisene synes uklare i forholdet mellom oppgitt resultat og deteksjonsnivå. Prøvene kan derfor også ha spor av lettere alkaner, aromater, PCB, klorfenoler og ftalater.

På den uorganiske siden viser innholdet av fluorid (1 100-1 300 ppm) og tot.-cyanid (12-2 300 ppm) i avfall og sediment tydelige relasjoner til ovnsforinger m.v. Tungmetallinnholdet varierer sterkt. Konsentrasjonen av kobber er 38-



2 300 ppm, sink 41-1 180 ppm, bly 25-806 ppm, krom 16-32 ppm, kadmium 0,3-4,5 ppm og kvikksølv <0,01-0,16 ppm. Særlig for Cu, Zn og Pb er enkelte av resultatene høye. Den mest belastede prøven besto av jernslam (?) eller aske. Innholdet kan foruten produksjonsavfall, som normalt inneholder lite tungmetaller, ha sitt opphav i evt. deponering av akkumulatorer i samband med saneringen av fabrikkene. NGI har ikke gjort slike funn. Tungmetallinnholdet er stort sett høyere enn i Heggedalsbukta. For kvikksølv derimot er forholdet omvendt. Sedimentene i bukta inneholder 0,2 til 0,7 ppm.

Vannet fra 4 brønner er ut fra den målte konduktiviteten mer ferskt enn salt. PAH påvises kun i kvantifiserbare mengder i en brønn (på østre del). Konsentrasjonen på 15 µg/l kan like gjerne skyldes partikkeladsorbert stoff som vannløste forbindelser. Analysebevisene angir også en ikke kvantifiserbar mengde av aromater, alkaner, klorfenoler, PAH og ftalater som er over deteksjonsgrensen for hvert stoff. Om dette utgjør spor av de nevnte stoffene er ikke avklart.

Som for jord- og faststoffprøvene gir grunnvannet klare utslag for cyanid og fluorid. Det alt vesentligste av cyaniden (100 og 220 µg/l) er trolig kompleksbundet og er da mindre giftig enn fri cyanid. Fluoridkonsentrasjonen er meget høy (30 og 140 mg/l i følge analysebevisene). Det er rimelig at fluorid løses relativt lett fra avfallet og at belastningen gjenspeiles i vannfasen. En evt. negativ effekt av utlekking vil kun gjøre seg gjeldende i strandsonen, da sjøvann normalt har en konsentrasjon på ca. 1 mg/l. For tungmetallene er konsentrasjonen sterkt varierende, men kobber, krom, bly og nikkel blir påvist som noe forhøyet i en brønn i ytre sentrale del av deponiet.

NGI tok også en prøve av vann i rørledningen som går gjennom deponiet fra bedriftsområdet. Vannet utmerker seg mht. fluorid (18 mg/l), men inneholder også noe cyanid. Tungmetallene er under deteksjonsnivå for samtlige parametere. Dersom rørledningen er lekk, vil deponiet etter dette ikke få et stofftilskudd som endrer forurensningsbelastningen på resipienten til det verre.

## 5.6 Nitridentomta

Prøvestedene er blitt valgt ut mhp. å dekke opp de mest sannsynlige kildene og områdene for forurensningsspredning. Undersøkelsene og analysene har vært rettet inn mot å besvare målsettingene, nemlig å avklare omfang og utstrekning av forurensning fra en rekke forskjellige kilder. Resultatene er sammenstilt og sammenlignet med relevante data fra andre undersøkelser. Området er sammensatt. Det synes derfor ikke som om undersøkelsene, med det omfanget de fikk, har greid å fange opp alle problemstillingene. Noen spørsmål står fortsatt delvis ubesvarte.

Bedriftsområdet var det primære nedslagsfeltet for utslipp til luft. Det gjenspeiles generelt i det øvre jordlaget. Området er ellers delt inn i underområder etter forurensningskildene. Omformerhallen deler området i to, hvor den naturlige avrenningen går nordover til Heggedalsbukta eller sørover til Tromøysund.

### 5.6.1 Nord for Omformerhallen

Forurensning på nordre del er i hovedsak tilknyttet støvnedfall fra ovnene, lekkasjer til grunnen ved ovnsriving og masseutjevning ved sanering. I tillegg finnes noen oljetanker, og i nordøst skal det første elektrodesteikeriet ha stått.

Terrenget ligger på kote 6 og består av grus/sand og støpte flater der ovns-husene stod. Grunnen er sammensatt av nedsprengte flater og smådaler oppfylt med sprengstein, hvor den naturlige grunnen består av torv og sand/ silt. Grunnvannet står 2,5 til 3 m under bakken og har avrenning mot Heggedalsbukta. Avløpsnettet hadde også utløp mot Heggedalsbukta, men en lednings-trasé på østre del hadde fall mot sør. Drenssystemet påvirker evt. spredning av forurensning, først og fremst på nordøstre del mot Heggedalstippen.

Jordforurensningen er begrenset til de øvre lagene av fyllmasse og avtar i de fleste tilfellene mot dypet. Området var likevel tydelig preget av virksomheten som har vært. Fluoridkonsentrasjonen varierte mellom 500 og 1 200 ppm i de øvre jordlagene, og var opp til 380 ppm i dypere naturlige masser.

Det ble funnet koksaktig slagg med  $\Sigma 10$ PAH-innhold på 213 ppm. Ellers ble det en del steder registrert høyt innhold av "ekstraherbart organisk materiale" og "upolare organiske forbindelser". Disse parameterene kan være relatert til PAH eller mineralolje, men gir også utslag for en del naturlig organisk materiale (f.eks. humus) og kan da være vanskelige å tolke. Det ble ikke påvist stoffkonsentrasjoner som skulle tilsi stor spredning fra gammelt steikeri eller oljetanker. Prøvestedene lå noe perifert i forhold til kildestudier av disse stedene.

Tungmetallinnholdet i jorda skiller seg lite fra bakgrunnen i regionen. Et unntak gjelder under en av de tidligere ovnshallene. På 1,8 m dyp i gytje ble det målt 530 ppm Zn, 370 ppm Cu og 280 ppm Ni. Gytja hadde også spor av PAH. Stoffene er helst tilført grunnen ved graving/gjenfylling i saneringsperioden.

PAH er påvist i 2 av grunnvannsbrønnene, men på lavt nivå (0,1-0,2 µg/l). Det gjelder også avløpsvannet i ledningen mot Heggedalsbukta. Brønnvannet hadde opp til 0,22 mg Cu/l. Forøvrig ble det ikke påvist tungmetaller (og cyanid) over deteksjonsgrensen. Fluoridkonsentrasjonen lå mellom 6 og 60 mg/l i brønnene og på 23 mg/l i avløpsvannet. Påvirkningen er klar.

### 5.6.2 Sør for Omformerhallen

Grunnen er også her sammensatt av nedsprengte flater og smådaler med sprengstein over naturlig sandig grunn. Området ligger på kote 3 og er fylt ut ganske langt i forhold til en opprinnelig strandlinje. Grunnvannet dreneres langs tre bukter som gikk inn på området. I disse, som går ca. 50 m inn på land, varierer grunnvannstanden i takt med sjøen. Inne ved Omformerhallen står grunnvannet ca. 1 m over normalt sjønivå (ca. 2 m under terreng).

Fra Omformerhallen og der Steikeriet lå, er det flere traséer med avløpsledninger. Ledningsnettene ligger trolig over normal grunnvannstand på ytre del, men kan virke som foretrukne utlekkingsveier inne ved Omformerhallen.

## Trafo-området/Omformerhallen

Sør for Omformerhallen og ved trafo-anlegget til A/S Arendals Fossekompani ble det sjaktet bl.a. i tilknytning til kummer for kjøling av trafo-olje, og tatt ut prøver fra overflata på steder hvor jorda ble antatt å være forurensset. Relativt få prøvesteder dekker området. Flere prøver kunne beskrevet forholdene bedre.

En prøve av gytje på fjell inneholdt ca. 10 % ekstraherbare organiske forbindelser. NOTEBY antar dette har opphav i lekkasjer fra kjølekummer for trafo-olje. Prøven inneholdt ikke PCB (<50 ppb). Andre jordprøver fra grunnen inneholdt lite ekstraherbart organisk materiale og heller ikke PCB. Det synes som om det kunne vært tatt ut flere prøver til PCB-analyse for å avklare denne forurensningen endelig. PCB er ikke blitt påvist, til tross for at NIVA i sine undersøkelser registrerer opp til 60 og 190 ppb tot.-PCB i sedimentene utenfor.

Av tungmetaller ble det derimot påvist relativt store mengder. I vestre enden av Omformerhallen dominerte sink (700 og 3 400 ppm) og kobber (320 og 830 ppm) i overflatejorda. Innholdet var noe lavere på 2,3 m dyp lenger sør, i evt. spredningsretning. Opphavet er ukjent, men kan ha sammenheng med drift og vedlikehold av de elektriske installasjonene. Ved Hovedhallen ble det tatt en prøve av blåsesand. Den hadde svært høyt innhold av mange tungmetaller (6800 ppm Zn, 3250 ppm Cu, 2800 ppm Co og 953 ppm Cr). For bly, kadmium og kvikksølv var innholdet derimot ikke unormalt høyt for et industriområde. PCB ble ikke analysert. Brukt blåsesand fra sandblåsningsvirksomhet ble funnet mange steder og kan være opphav til de observerte konsentrasjonene, både andre steder på land og langs stranda. I andre undersøkelser (Sæland 1992b) er det dessuten vist at blåsesand kan være opphav til forurensning med PCB.

I grunnvannet fra området ble det ikke registrert organiske forbindelser. Kobber var det eneste som ga stort utslag blant tungmetallene (0,22 mg/l). Grunnvannet inneholdt også 11 mg F/l og en avløpskum med vann hadde 16 mg F/l. Søndre del av ovnsområdet drenerer trolig sørover.

## Steikeriet

Ved nærmere gjennomgang av drifta i Steikeriet viser NOTEBY at det antatte forurensningsforløpet som ble skissert i forprosjektet var noe forenklet. Det aller meste av tjæra som dampet av under steikeprosessen ble kondensert i vann og ført direkte til avløp i sjøen. Kondensasjonsanlegget lå over ovnene. Svetting fra ovnene ble normalt fanget opp av et lag med koksstøv. Forurensning til grunnen må ha skjedd ved lekkasjer fra røranlegget til kondensasjonsanlegget og gjennom ovnsbunnene og betonggulvet under. Anodene besto av koks og bek. NOTEBY antar derfor at tjærestoffene som unnslepp i steikeprosessen også i hovedsak har vært av bekfraksjon.

I 3 sjakter under og rundt der Steikeriet lå, var massene svært grove og steinmaterialet dekket av et hardt belegget med bek. Bekbelegget lå også utover på fjelloverflaten under fyllmassene. Det kan ha blitt avsatt fra varmt vann som har lekt ned i fyllinga. Kjemisk analyse av infisert materiale ga 83 % ekstraherbart organisk stoff og 17 % med upolare forbindelser. PAH-innholdet var på 1 850 ppm i en prøve som inneholdt tjære/bek. Verdiene må oppfattes som eksempler på hva som ligger i grunnen. Poenget er at steinmassene er sterkt infisert med tjære/bek, og at forurensningen kan være relativt stabil.

Av tungmetaller ble det påvist litt forhøyede verdier av sink og bly. Materialet hadde dessuten det høyeste innholdet av kvikksølv i undersøkelsen (0,16 ppm) og et kadmiuminnhold som også må regnes som høyt (16,7 ppm). Tungmetallene kan komme fra blåsesand eller skyldes sporstoffer i råstoff som ble tatt inn på kaia, f.eks. kryolitt. Kryolitten kan også være opphavet til registrerte fluoridkonsentrasjoner på 80 og 200 ppm.

Forurensning fra Steikeriet dreneres i to retninger; mot Tromøysundtippen og mot kaia. En brønn ble satt ned i hver retning. Grunnvannet var begge steder klart sjøvannspåvirket. Den ene hadde en  $\Sigma 10\text{PAH}$ -konsentrasjon på 25  $\mu\text{g/l}$ , som er det høyest registrerte på bedriftsområdet. Vannkvaliteten skiller seg ellers ikke særlig ut, men har en kobberkonsentrasjon på ca. 0,4 mg/l.

NØ for Hovedhallen har det vært nyere lekkasjer av kompressorolje. Omfanget av forurenset grunn skulle undersøkes, men kom ikke med.

### Tromøysundtippen

Fyllinga ble i følge flybilder etablert etter 1968. Strandkanten før den tid utgjør bakre begrensnig for avfallsmassene. Overflatearealet til deponiet er rundt regnet 900 til 1 000 m<sup>2</sup> og volumet blir anslått til 5 000 til 6 000 m<sup>3</sup>. Mesteparten ligger under kote 0, og rundt 50 % ligger utenfor dagens strandlinje. Ved boring et stykke inn fra deponifronten ble de naturlige avsetningene konstatert på ca. kote -4,5, som gir en fyllingsmektighet på ca. 7 m. Lenger ut mot kanten er trolig mektigheten på massene større.

Avfallet består for det meste av sprengstein og rivningsmasser/ovnsvanger (murstein og armert betong). På østre del fantes mer bygningsavfall. Det ble ikke registrert ovnsavfall eller annet som skulle vært deponert mens bedriften var aktiv (f. eks. katodeavfall).

Bortsett fra i 1 prøve, hvor det ble målt 12,5 ‰ ekstraherbart organisk stoff og 4 ‰ upolare forbindelser, er konsentrasjonen av organiske forbindelser lav. Tungmetallinnholdet varierer sterkt i massene, og masser med ulik kvalitet ligger om hverandre. Følgende metaller utmerker seg (maks.-konsentrasjon i parentes); sink (1 100 ppm), kobber (300 ppm), bly (700 ppm), kadmium (17,5 ppm) og nikkel (124 ppm). Fluorid ligger mellom 40 og 124 ppm.

Grunnvannet i to brønner har relativt høyt PAH-innhold (18 og 26  $\mu\text{g/l}$ ). Kobber- og sinkkonsentrasjonen er henholdsvis 0,22 og 0,54 mg/l i en av brønnene. Grunnvannet er sterkt influert av saltvann. En fluoridkonsentrasjon på ca. 9 mg/l indikerer fortynning i saltvannet, at avfallet er relativt fluoridfattig eller at mye av fluoriden i massene allerede er vasket ut.

### 5.7 Elektrodefabrikken

Ved undersøkelsene av Elektrodefabrikken er det blitt gravd en rekke grunne sjakter og blitt gjort andre observasjoner i felt som har gitt et bra bilde av overflateforurensningen. NGI har dessuten hatt kontakt med flere kjentfolk og fått fram ny informasjon om mulige kilder til forurensning.



Det er blitt søkt etter dypere grunnforurensning på tre steder. Indikasjonene på oljeforurensning er nokså klar, men kilden er ikke funnet. Det kan ha sammenheng med at prøvepunktene først og fremst er lokalisert langs sannsynlige spredningsveier. Noen kildeområder står derfor tilbake som mindre dekket av undersøkelsene. Forøvrig kan kommentarene i kap. 5.5.1 også knyttes til Elektrodefabrikken, men undersøkelsene har i større grad hatt en strategi.

Terrenget på og rundt fabrikktomta er det samme som etter at bygningene ble revet. Tre plane flater med betongdekker ligger på tomta. Mot nord og øst er den delvis sprengt inn i fjell. På den vestlige delen består naturlig grunn av fin-kornige sedimenter og torvavsetninger. Massene er overdekket med stein- og jord, og ligger delvis under fast dekke.

Fjelloverflaten danner 2 fordypninger på vestre del med dybde 5 til 7 m. Rundt fordypningene ligger fjellet på fra 1 til 4 m dyp. Fordypningene kan samle evt. forurensning som har trukket ned i bakken. Den naturlige avrenningsveien fra området er langs draget som går inn til Nitridentomta mot øst og ut ved Heggedalstippen. I draget består grunnen også for en stor del av torv som er stabilisert med stein og andre fyllmasser. Avrenningsveien er ganske lang (ca. 500 m). Kart fra 1912 viser at det ble gravd avløp for overflatevann mot vest. Vannet ble ledet under veien og ned til Arendal Smelteverk a.s. En slik avrenningsvei sammenfaller med det senere ledningsnettet for avløp fra Elektrodefabrikken. NGI har avklart at det ikke finnes drikkevannsbrønner i området som kan influeres ved en evt. forurensningsspredning.

Mulig forurensning er knyttet til tjære/bekrester i jordoverflaten, oljelekkasjer som skal ha skjedd i forbindelse med hydrauliske presser og evt. lekkasjer fra en nedgravd tank (30 m<sup>3</sup>) for fyringsolje. Kjentfolk observerte i sin tid olje i en åpen grøft som gikk langs vestre del av fabrikk og i tilknytning til pumpekummer som var sprengt ned i fjell til 7-8 m dyp. Grøft og kummer er gjenfylt.

Det øverste jordlaget er på store deler av området sammenblandet med koksstøv og bekgranulat. Slikt materiale ligger også inne på betongflatene og langs veien mot Nitridentomta. På høyden mellom veien og fabrikktomta er det særlig mye bekgranulat. NGI har registrert områdene, men ikke gjort mengdeanslag. En analyse av bekinfisert materiale viste 15 ‰  $\Sigma 10\text{PAH}$  og 60 ‰ alkaner av type  $\text{C}_{13}\text{-C}_{40}$  (olje). Analysen er ikke representativ for massene, men gir uttrykk for hva en kan forvente å finne på området. To andre prøver av fyllmassene inneholdt 9 til 37 ‰ alkaner, og 0,025 og 9 ‰ PAH (25 og 9 000 ppm). Bekmaterialet er hardt og synes stabilt. Dersom massene graves om, kan det ikke utelukkes en viss avdamping av flyktige stoffer f.eks. ved soloppvarming.

De øvrige jordprøvene tatt fra 0,8 m til maks. 3,5 m dyp på tre steder hadde et alkaninnhold ( $\text{C}_{13}\text{-C}_{40}$ ) mellom 1,2 og 25 ‰ og et  $\Sigma 10\text{PAH}$ -innhold på 0,03 til 5 ‰ (30 til 5 000 ppm). Forholdet mellom alkaner og PAH tyder på at området på vestenden av tomta er forurensset med olje i tillegg til PAH. Kilden ble imidlertid ikke identifisert. De nedsprenge pumpekommene og den åpne grøfta ble heller ikke påvist. Analyser av grunnvann fra to brønner i potensiell spredningsretning for forurensning ga ikke utslag hverken for alkaner eller PAH.

Andre analyseresultater enn alkaner ( $\text{C}_{13}\text{-C}_{40}$ ) og PAH ble ikke rapportert. Som nevnt for undersøkelsene av Tippen (kap. 5.5) kan det reises spørsmål om hvorvidt analysene også viser spor av lettere alkaner, aromater, PCB, klorfenoler, klorbenzener og ftalater. Analysebevisene synes uklare. De oppgir en ikke



kvantifiserbar mengde som ligger over deteksjonsgrensen for hvert stoff. Det har foreløpig ikke vært mulig å få spørsmålene avklart.

## 6. VURDERING OG ANBEFALING

En av målsettingene med undersøkelsene i den avklarende fasen var å vurdere behovet for tilleggsundersøkelser og foreslå hvordan de evt. burde utføres. I det følgende er anbefalingene vurdert og satt opp i forhold til målsettingene for hvert delområde og konflikten skissert i forprosjektet. Anbefalingene gitt av de utførende institusjonene er dels gjengitt og dels omarbeidet. Nye anbefalinger har dessuten kommet til som resultat av samlede vurderinger.

### 6.1 Elektrodefabrikken

Overflatelagene er relativt godt vurdert mht. forurensningstype, -belastning og utstrekning. Bekforurensede masser utgjør trolig ingen miljørisiko, men kan være til sjenanse og en mulig helserisiko ved folks ferdsel og lek. Ved framtidig disponering av arealet vil det være behov for å vite hvordan området og de forurensede massene må behandles. Massevolumene bør derfor bestemmes i samband med beslutning om evt. fjerning eller andre tiltak. NGI foreslår forsøk for å avklare faren for avdamping av gasser. Enkle forsøk kan karakterisere massene nærmere, inngående studier vil først være aktuelle dersom det er aktuelt å la massene ligge.

Forurensningen med oljekomponenter synes nokså klar, men kilden er ikke funnet. Den nedgravde oljetanken eller de hydrauliske pressene kan ha forurenset. Kildene må kartlegges og det er behov for å vite mer om de angivelige pumpekummene og den åpne grøfta hvor olje ble observert. Grunnen under de etterlatte betonggulvene kan dessuten være infisert med olje og tjære/bek.

På den hydrologiske siden må det avklares nærmere hvordan området dreneres. Det omfatter både løsmassevurderinger og evt. foretrukne utlekkingsveier langs ledningstraséer m.v. Det bør også vurderes om og hvordan forurensningen spres. Torvmassene i grunnen kan i den sammenhengen ses på som interessante som medium for tilbakeholdelse av stoffer.

NGI foreslår nærmere karakterisering av oljeforurensningen mht. type og utlekkingspotensial. Utførte analyser synes noe uavklarte mht. bl.a. klorerte forbindelser. Videre analyse bør være spesifikk nok til å fange opp alle aktuelle forbindelser på området som det er knyttet potensiell helse- og miljørisiko til. Forsøk med utlekkingspotensial synes mindre aktuelt før kildene er definert.

Det er så langt vi vet ikke lagt konkrete planer for videre disponering av området. Hvis det er ønskelig å prioritere mellom undersøkelser i fase 3, synes det mer presserende å avklare forholdene rundt oljeforurensningen enn belastningen i de øvre jordlagene. På den annen side kan det være en relativt enkel oppgave å anslå mengdene av overflatebelastet jord.

## 6.2 Nitridentomta

### 6.2.1 Nordområdet

De mest åpenbare forholdene er for en stor del avdekket. Overflatejorda er forurenset fra støvnedfall, mens grunnen kan ha vært utsatt for lekkasjer fra ovnsrivingen i driftsperioden. Ved rivingen av fabrikkhallene kan jorda ha blitt ytterligere utsatt for støv. Masseutjevning og -forflytting kan ha ført til at forurensede masser er blitt liggende nede i bakken. De forurensede jordmassene synes i første rekke å komme i konflikt med omgivelsene når anleggsarbeid og bruk av området medfører gravearbeid og masseforflytting. Det bør derfor etableres en instruks for hvor, i hvilken grad og hvordan grunnarbeid kan utføres på en forsvarlig måte. Det kan da innledningsvis være behov for å avklare hvilke områder som må omfattes av særlige regler. På potensielt forurensede områder vil det dessuten være nyttig å se på hvordan defensive fysiske tiltak kan etableres for å hindre stoffmobilisering.

De avklarende undersøkelsene synes ikke avsluttet der hvor det første steikeriet skal ha ligget. Kilden er ikke plassert og omfanget av tjære/bekforurensning ikke gitt. Spredning fra området er dessuten ikke påvist. Det er i første omgang behov for å verifisere om steikeriet egentlig fantes og hvor det i tilfelle var plassert, da informasjonen i forprosjektet var basert på enkeltpåstander. Det vil kunne omfatte innhenting av tilleggsinformasjon fra skriftlige/muntlige kilder. Ut fra opplysningene som kommer fram kan det bli nødvendig å gå videre med kildekarakterisering og vurdering av aktuell og framtidig konflikt. Det er mulig at forurensningsbildet er noen lunde sammenfallende med det ved Elektrodesteikeriet på søndre område, men i et mindre omfang.

Det er en del nedgravde oljetanker på området, særlig ved østre innkjøring. Prøvepunktene som er etablert vil kunne fange opp en spredning dersom lekkasjene har vært svært omfattende. Det er det avklart at de ikke er. Det vil likevel være nødvendig å se etter mulig forurensning på hvert sted, slik at det blir avklart i hvilken grad oljelekkasjer fra tanker, ledninger og i bygninger er en del av problematikken som det må tas hensyn til i den videre behandlingen.

### 6.2.2 Sørområdet

Det er avklart at både overflatejorda og grunnen er belastet med ulike typer forurensning på eller bakenfor aktuelle kildeområder. Forurensningsbelastningen er tildels betydelig. Det er påvist både PAH-, olje- og tungmetallkonsentrasjoner som er i klar konflikt med ulik bruk av området. Spredning i grunnen har skjedd og vil fortsatt pågå. Det er imidlertid ikke klarlagt om det skjer en utlekking til resipient og om den i så fall påfører skade. Undersøkelsene må følges opp for å besvare spørsmålene mer i detalj. De utførte undersøkelsene har dessuten i noen tilfeller ikke vært omfattende nok til å fange opp alle problemstillingene på hvert sted. NOTEBY foreslår at arbeidet organiseres ved en forlenging av fase 2 før detaljeringsgraden øker. Det er naturlig at alt arbeid gjennomføres stegvis, slik at konklusjoner og beslutninger kan fattes underveis.

Det er viktig å legge de videre undersøkelsene opp slik at det ikke oppstår unødig konflikt mot annen virksomhet som skal settes i verk. Et viktig moment vil dessuten være å gjøre det mulig å klarere delområder uten konflikt, slik at videre arealplanlegging og opprusting ikke stopper helt opp i påvente av ende-

lige konklusjoner. Det er likevel ikke mulig å foreta opprusting uten hensyn til at området er påvist forurensset. Utredningene av behovet for miljøtiltak har nettopp som siktemål å kunne gjøre opprusting og videre bruk mulig ut fra de begrensningene som forurensningene har skapt på området.

### Trafo-området/Omformerhallen

Det synes å være en generelt stor belastning av tungmetaller i jordmassene. Årsaken er ikke endelig klarlagt, da kjent virksomhet ikke burde innebære så stor metallavgivelse. Forurensningen kan være tilført, f.eks. i form av deponert blåsesand fra sandblåsningsvirksomhet. Blåsesand kan i noen tilfeller være opphav til PCB-forurensning. Det vil være behov for å bestemme kilden til uorganisk forurensning bedre. Som for nordområdet kan det som følge av en slik kildekarakterisering også være behov for utforming av retningslinjer for disponering av masser og områder som er belastet. Mulig mobilisering og utvasking av stoffene gjennom grunnen vil bli fanget opp av andre deler av oppfølgingen.

Trafo-området/Omformerhallen er i første rekke definert ut fra mistanken om forurensning med PCB og olje. PCB er ikke blitt påvist, men mistanken er ikke fjernet, pga. NIVAs funn i sedimentene utenfor. Videre undersøkelser bør ta utgangspunkt i, gjennom skriftlige og muntlige kilder, å verifisere mistanken om at PCB er blitt benyttet. Feltundersøkelser kan da skaleres etter evt. tilgang på ny informasjon. Det er også påvist et generelt søl av oljer både i underetasjen på bygget og i et kompressorrom/verksted i byggets 1. etasje på østre ende.

Videre undersøkelser i felt kan komme til å måtte omfatte både overflaten og grunnen på nye steder, i tilknytning til likeretteranlegg, avkjølingskummer, transportbane for trafoer og kummer for omtapping/vedlikehold av trafoer. Grunnen på hele sørsiden av hallen kan være forurensset, men særlig vestre, sentrale og østre del. Det bør også undersøkes i hvilken grad kjellerrommene under Omformerhallen er infisert. Det er aktuelt både for å spore evt. kilder til grunnforurensning, og fordi det foreligger planer om å rive hallen. Slik riving vil neppe kunne aksepteres før det er endelig avklart både om deler av bygningsmassen i seg selv er infisert og vil kunne bidra til spredning av forurensning, og om grunnen hvor rivningsmassene skal ligge er forurensset.

Langs de mulige sprednings-/utlekkingsveiene fra Omformerhallen er det etablert én observasjonsbrønn. Dersom det viser seg at trafo-området/Omformerhallen likevel er forurensset med olje/PCB, vil det være nødvendig å utvide nettet med flere observasjonsbrønner. Prøvetaking må da utføres både for å estimere hydrauliske parametere, måle graden av spredning og vurdere mulige endringer i stoffkonsentrasjon som funksjon av årstid og kontinuerlige/episodiske tidevannsforskjeller. Det må dessuten ses nærmere på i hvilken grad ledningstraséen fra Omformerhallen til Indre havn mot Tromøysund påvirker stofftransporten ved å representere en foretrukket utlekkingsvei.

### Steikeriet

Som for sørområdet ellers synes det å ha vært en ukontrollert disponering av blåsesand rundt Hovedhallen, men også muligens i strandkanten utenfor. Det har også vært oljelekkasjer i tilknytning til kompressoranlegget som ligger mellom Hovedhallen og fjellveggen på bygningens nordøstre side. Begge disse

forholdene har sammenheng med virksomhet som har pågått etter nedleggelsen av Nitriden. Oljelekkasjene var tenkt omfattet av fase 2, men kom ikke med av kapasitetsårsaker. Mulige problemer med blåsesand er kommet opp nå. Det skal også finnes en 40 m<sup>3</sup> oljetank bak Hovedhallen. Det er fortsatt behov for å vurdere omfanget av grunnforurensning ved kompressoranlegget. Bakken under anlegget er asfaltert. Det kan derfor hende at problemet er begrenset og at muligheten for en enkel opprydding er tilstede. Mulige lekkasjer fra oljetanken bør også identifiseres. Omfanget av deponert blåsesand bør kartlegges nærmere ved enkle feltregistreringer og samtale med kjentfolk, evt. supplert med et fåtall analyser og vurdering av forurensningspotensial/konflikt.

Sjakter som ble gravd på Steikeritomta, mellom tomte og kaia og ved den tidligere Brennkassa avdekket alle at de meget grove sprengsteinsmassene var sterkt infisert med tjære/beklignende stoffer. I en av sjaktene ble det dessuten observert at tjære/bek lå utover fjelloverflaten. Av rapporten til NOTEBY virker det imidlertid som om beken er hard, stabil og uten særlig mulighet for å bli spredt ytterligere i grunnen. Til tross for dette ble den høyeste PAH-konsentrasjonen på området påvist i den ene brønnen. Ut fra de påviste forholdene er det nødvendig å avgrense det tjære/bekinfiserte området, vurdere i hvilken retning det har skjedd spredning og hvorvidt det fortsatt skjer en utvasking av tjærestoffer til resipienten. Dersom det konstateres spredning vil det være ønskelig å se nærmere på om utvaskingen er kontinuerlig eller styrt av spesielle hydrologiske betingelser.

Flere typer arbeider kan være aktuelle for å beskrive forurensningssituasjonen nærmere. Ytterligere sjaktgraving, både under Steikeritomta (inkl. Hovedhallen) og i området mellom Steikeritomta og stranda. Etablering av noen tilleggsbrønner som kan si noe om spredningen. NOTEBY foreslår at en brønn etableres i Hovedhallen, bl.a. fordi den delen av tomte anses å være mest forurensset. Brønnene bør også kunne benyttes for å bestemme de hydrauliske egenskapene til massene, samt kvantifisere vannutskifting, tidevannspåvirkning og stoffutlekking til resipienten. I samband med evt. stofftransport på området bør det også vurderes om rørtraséene fra østre del av Steikeriet og ut til Indre havn kan påvirke transporten i form av foretrukne utlekkingsveier. Det kan også tenkes at fundamentrestene til Steikeriet kan skjerme for eller lede grunnvannet uavhengig av den øvrige løsmassesammensetningen.

For å vurdere resipientkonflikten kan det være ønskelig å utføre effektstudier av utlekkingen langs stranda. Det kan innebære studier på bioakkumulasjon, økotoxikologiske tester og vurdering av partikkeltransport fra de forurensede landområdene. Slike studier kan kombineres med iverksettelse av en overvåking av den nære resipienten. Dette blir omtalt i kap. 6.6.

Planene for opprusting av området innebærer masseutjevning, drenering av overflatevann og delvis asfaltering. Verkstedvirksomheten som tas opp igjen i Hovedhallen krever store utearealer. Som et første trinn i oppfølgingen av undersøkelsene kan det være hensiktsmessig å utarbeide retningslinjer for miljømessige hensyn som må tas ved bruk av området, særlig mht. mulige grunnarbeider. Masseforflytting og omarbeiding av de forurensede massene kan være til skade og er lite ønskelig før det er klarlagt hvordan massene kan disponeres. Oppretting og grusing av terrenget kan kombineres med foreløpige tiltak mot infiltrasjon av overflatevann og på den måten tilfredsstille to behov.



### Tromøysundtippen

Tromøysundtippen ble etablert først mot slutten av driftsperioden ved Nitriden, mens Heggedalstippen i alle år fungerte som deponi for produksjonsavfall. Det er derfor rimelig at Tromøysundtippen ikke inneholder større mengder avfall fra aluminiumsovnene. Resultatene fra prøvetakingen av faststoff synes å bekrefte dette. Deponiet inneholder i stedet bygningsmasser fra Steikeriet, Ovnshusene og Elektrodefabrikken. Sammen med bygningsmassene kan det ha blitt tippet svært mye forskjellig avfall som det ved saneringen av området ikke fantes bedre disponeringsalternativer for. Deponiet er derfor trolig enda mer heterogent enn Heggedalstippen og kan inneholde et større spekter av miljøbetenkelige forbindelser.

Det vil være en vanskelig og svært omfattende oppgave å karakterisere deponiet i detalj som grunnlag for beslutninger om tiltak. Det er da bedre i det videre arbeidet å forsøke å konsentrere seg om mulig utlekking og negativ effekt på resipienten. Det bør settes i verk arbeid for å estimere hvordan deponiet fungerer hydraulisk ved endrete hydrologiske forhold og hvordan slike endringer påvirker en mulig stoffutvasking, både for organiske forbindelser og tungmetaller. Det kan bety etablering av supplerende observasjonspunkter, studier av utvasking gjennom hydrologisk ekstreme episoder og kjemohydraulisk modellering av stofftransport. Resipienteffektene kan registreres i samband med, og etter samme mønster som utenfor Steikeriet, nærmere omtalt i kap. 6.6. Utsetting av organismer for biologisk indikasjon på utvasking kan også benyttes til å finne fram til evt. konsentrerte utlekkingspunkter langs fyllingsfronten (inverst kildesøk).

Ved administrasjonsbygget finnes også en nedgravd oljetank. Som ellers ved Nitriden bør den tilstandskontrolleres og massene rundt sjekkes på en enkel måte for mulige lekkasjer.

Eydehavn Næringsutvikling A/S sin plan for opprusting av industriområdet skisserer riving av Omformerhallen. Rivningsmassene er tenkt disponert til utjevning av høydeforskjellen mellom nordområdet og sørområdet. Overskuddsmasser tenkes deponert på Tromøysundtippen. Deponering av ytterligere masser anbefales ikke iverksatt uten at endelig beslutning om behov for tiltak er tatt. Det kan likevel hende at bruk av Tromøysundtippen er hensiktsmessig og at deponeringen kan kombineres med sikringstiltak mot videre utlekking fra de allerede deponerte massene. En absolutt forutsetning må imidlertid være at massene ikke utgjør en ny forurensningstrussel (jf. omtalen av Trafo-område/Omformerhall).

### **6.3 Tippen**

Heggedalstippen ble benyttet til avfall i hele driftsperioden på ca. 60 år. Deponiet inneholder både avfall som har ligget eksponert for utvasking i svært mange år og avfall av nyere dato. I tillegg til avfall fra aluminiumsovnene er det rimelig å anta at deponiet har fungert som generell tipp for mye av avfallet som oppstod ved de ulike anleggene. Etter nedleggelsen ble derfor rivningsmasser fra Ovnshusene, Elektrodefabrikken og Steikeriet også kjørt til Tippen.

Konsekvensvurderingen av deponiet må ivareta to forhold; bruks- og helsekonflikt i forhold til eksisterende og framtidig arealdisponering, og miljøkonflikt i



forhold til resipient. De utførte undersøkelsene har klarlagt hvilke "rammer" en arbeider innenfor. Videre undersøkelser må være mer detaljerte på å avklare aktuelle og potensielle konflikter. Detaljeringsgraden vil på den måten også avhenge av hvor presserende problemstillingene oppfattes å være.

Bruks- og helsekonflikten blir fokusert ved nærhet og eksponering i forhold til omkringliggende miljø, boligområder og ferdsel, men uttrykkes også i areal- og reguleringsplaner. Tippen er kanskje den av lokalitetene ved Nitriden som allmennheten har størst mulighet for kontakt med. Det vil derfor fortsatt være viktig å avgrense utstrekningen av deponiet i detalj, slik at en ved framtidig planlegging, bruk og anleggsarbeid til en hver tid er klar over hvor en kommer inn i områder med avfall. Deponiet skal i hovedsak være overdekket, men det er likevel viktig å undersøke hvor eksponert avfallet er, dvs. hvilken mulighet det er for direkte kontakt med avfall når folk ferdes i området. Bruks- og helsekonflikten aksentueres bl.a. gjennom Fylkesmannens nedleggelse av byggeforbud på vestre del av området. Ved nærmere avgrensning kan forbudet revurderes og evt. erstattes av midlertidige klausuleringsbestemmelser, bl.a. for hvor nær bygge- og anleggsarbeid kan utføres og hvilke aktiviteter som kan tillates.

Beskrivelser av utstrekning må også omfatte en nærmere karakteristikk av det kjemiske innholdet. De utførte undersøkelsene på Tippen og i Heggedalsbukta har avklart en del, men har også reist nye spørsmål. Det er nødvendig å få en endelig avklaring på om det er deponert PCB-holdige masser og om avfallet evt. inneholder andre uavdekkede miljøbetenkelige stoffer. Det kan være nødvendig å arbeide videre med skriftlig og muntlig informasjon, men også utføre tilleggsundersøkelser i felt. Uttak av nye prøver kan kombineres med videre konsekvensvurdering av miljøkonflikt.

Ved en nærmere vurdering av miljøkonsekvens vil det være nødvendig å beskrive de prosesser som styrer stoffmobilisering og spredning. Heterogeniteten i deponiet er da sentral. Den uttrykkes ved variasjon i avfallssammensetning, alder, porøsitet og kjemisk karakter, beliggenhet over og under normalvannstand, mektighet, kvalitet på omkringliggende masser (jord/sedimenter/fjell) og påvirkning fra sjøvann, ferskvann, tilrennende overflatevann, vann fra drensledninger og sigevann. Deponiet er dessuten et dynamisk system hvor mobilisering og utvasking for en stor del styres av hydrologiske endringer, gjerne episodiske hendelser som f.eks. store nedbørsmengder eller stormflo.

En beskrivelse av mulig utlekking til resipient må innbefatte etablering av prøvepunkter som kan reflektere ulike deler av deponiet og brukes til måling av grunnvannsgradienter og respons på hydrologiske endringer. Det kan være aktuelt å prøveta både jordvæske i umetta sone og grunnvann. Informasjonen som kommer fram må settes sammen til et kvantitativt uttrykk ved bruk av etablert kunnskap fra lignende tilfeller. Det er ikke rimelig å regne med at det ved tilleggsundersøkelsene stilles midler til rådighet for særlig grad av metodeutvikling. NGI foreslår å beregne utvaskingsfaren ved hjelp av forsøk i laboratorium. En slik avfallskarakterisering kan være et nyttig supplement til undersøkelser i felt. Det gjelder også effektstudier ved bruk av bioindikatorer og evt. inverst kildesøk, slik det er beskrevet for Tromøysundtippen og i kap. 6.6.

Nitridentomta og deponiet Breidablikk ligger i nedbørfeltet til Tippen. NOTE-BYs undersøkelser av Nitridentomta viser at belastningen synes å være mindre enn antatt, men at det også på dette området er uavklarte spørsmål. Vann som kommer inn i deponiet fra Nitridentomta kan øke mobiliseringen av avfalls-

stoffer og dermed utvaskingen til resipienten. Stoffinnholdet i vann som kommer til fra Nitridentomta har derimot trolig mindre betydning for utvaskingen, fordi belastningen kamufleres av et langt høyere forurensningsnivå i deponiet. Om forholdet er det samme når det gjelder Breidablikk er foreløpig uklart. SFT har anmodet Arendal Smelteverk a.s. om å utføre en avfallskarakterisering som kan avklare noe av dette. Problemstillingene rundt influens fra de andre forurensede områdene burde kunne besvares ved tilpassing av den øvrige under-søkelsesstrategien for deponiet.

### **6.3 Gruver på Buøya og Pinnen**

#### **6.3.1 Buøya**

Dokumentasjonen av hvordan gruvene på Buøya er bygd opp tilfredsstillende etter vår mening kravet til kunnskap om utforming og mulighet for kommunikasjon med sjøen. Det er klarlagt at gruva består av 3 sjakter som ligger innenfor hverandre, og at vannet i ytterste sjakt, der Nitriden tippet tjæretønner, er sterkt belastet med PAH og tot.-cyanid. Det er imidlertid ikke endelig klarlagt om forurensningsbelastningen skyldes Nitridens avfall eller tilrenning av vann fra den største sjakta innenfor. I forhold til resipient er det heller ikke avklart om avrenningen representerer et uakseptabelt punktutslipp.

En nærmere avklaring av kilden til den store belastningen i sjaktvannet forventes i resultatene av avfallskarakteriseringen til Arendal Smelteverk a.s.

Det kan være behov for å styrke beslutningsgrunnlaget når det gjelder avløpet til resipient. Vi støtter NGIs forslag om gjentatt prøvetaking for å kartlegge en evt. årsvariasjon i vannkvalitet. Det bør kombineres med en kvantifisering av avløpet fra sjakta, enten gjennom beregnet avrenning fra gitt nedbørfelt/grunnvannsakvifer eller ved direkte målinger. Analyseprogrammet bør innledningsvis være mer spesifikt for å verifisere resultatene fra fase 2. Selv om cyanid viser høy belastning, kan det diskuteres hvorvidt det er interessant å følge avløpet til sjøen. Reduksjon av giftighet ved kompleksering av fritt cyanid i sjøvann gjør cyanid mindre aktuell i forurensningssammenheng.

Den estimerte avrenningen representerer et punktutslipp til Heggedalsbukta. Ved beslutning om tiltak kan kriterier for lignende utslipp fra annen industriell virksomhet benyttes i tillegg til kriterier for forurenset grunn. Parallelt med avrenningsovervåkingen kan det også vurderes hvordan avrenningen kan minimeres, f.eks. ved å hindre infiltrasjon av overflatevann i det bakenforliggende nydanningsområdet. Det er behov for å vurdere hvordan gruve-deponiet kan avsluttes på en forsvarlig måte, slik at det i framtida ikke blir deponert nye masser i sjakta som i seg selv kan endre forurensningssituasjonen.

Faren for drukning er trolig en vel så viktig konflikt i en akutfase som avrenning av PAH. Den vannfylte sjakta ligger rett ved veien og er 8 m dyp. Siden den også er inngjerdet og blir brukt til tilfeldig dumping av avfall er den et interessant objekt for lek og utforsking. Vi anbefaler Arendal kommune å sikre sjaktåpningen med lokk.

### 6.3.1 Pinnen

Det var lite informasjon å finne om Pinnen. NGI antar at den representerer et mindre forurensningspotensial enn Buøya. Vi støtter det synet. En brønn kan settes ned i de innfylte massene dersom det er ønskelig å vite noe om grunnvannskvaliteten. Vi anbefaler å avvente dette, og heller se om f.eks. overflatevann langs veien kan avskjæres fra evt. infiltrasjon der sjakta lå.

### 6.4 Tønnedeponi Kai og Håneset

Utenfor Kai og i Indre havn må undersøkelsene anses å ha skaffet tilveie tilstrekkelig informasjon om bunnen. Det ble funnet en god del jernskrot og andre gjenstander, men ingen indikasjon på sammenhengende tjære/beklag. Funnene er godt dokumentert ved kart, flybilder og videoopptak. Det vil være lett å finne tilbake til de stedene som pekte seg ut dersom det f.eks. er ønskelig å foreta en opprydding på bunnen. Bunnkotekart og videoopptak vil dessuten være nyttige ved evt. videre sedimentundersøkelser.

Det ble avkreftet at tønner med tjære og bek ligger spredt i stort antall i sundet, men kjentmann bekreftet likevel at dumping har foregått. Mangelen på funn kan skyldes korrosjon og tildekking med nyere sedimenter. Miljøfaren synes å være mindre enn antatt ut fra den mer nyanserte informasjonen om avfallet som ble skaffet tilveie. Dumpingsstedet ved Håneset, som ble tatt ut av kjentmann, må anses som relativt sikkert plassert. Stedet stemte bra bl.a. med bunntopografien, slik den også ut fra tidligere opplysninger skulle være.

Det blir en vurderingssak i hvilken grad det er nødvendig å gå inn på videre undersøkelser. Eksisterende kunnskap baserer seg på et fåtall av kilder, som det selv om informasjonen synes å være god, kan være behov for å verifisere. Evt. oppfølgingsundersøkelser bør derfor begynne med å samle all informasjon om dumpingene, både ut fra skriftlige kilder og ved kontakt med evt. nye kjentfolk (sted, mengde, kvalitet på emballasje og innhold). Dersom dumpingsstedet gjennom dette bekreftes å ha vært ved Håneset, foreligger det nok informasjon om stedet til å unngå videre søk etter tønnene. Det kan da heller være snakk om sedimentprøvetaking ved bruk av sylinderprøvetaker, grabb eller slede for å se på evt. virkning av avfallsspredning på bunnen eller for å få opp avfallsrester som ligger skjult under et tynt mudderlag.

Dersom det ut fra ny informasjon kommer fram at tønnene er deponert på et sted som ikke dekkes av videoopptaket, må det gjøres en nærmere vurdering av avfallets karakter. Dersom sannsynligheten for å finne synlige rester er like liten som tidligere, vil det også i det nye området være mest hensiktsmessig å foreta prøvetaking uten forutgående søk. Er det derimot sannsynlig at tønnene kan være intakte, kan det være nødvendig å gå på en ny runde med detaljert magnetometerkartlegging og ROV-søk innenfor anomale områder, for å påvise om tønnene ligger eksponert eller er dekket av nye sedimenter. Det vil også kreve en detaljert bunnkotekartlegging. Ut fra disse resultatene kan så prøvetaking utføres på det nye stedet.

## 6.5 Heggedalsbukta og Tromøysund

Undersøkelsene har avklart hovedtrendene når det gjelder sedimentbelastning og kilder til forurensning. De har også reist nye spørsmål i forbindelse med variabilitet, avveining av styrken på de ulike kildene og vurdering av framtidig belastning på organismer ved sediment-vannutveksling, oppvirvling i samband med bølger eller antropogen påvirkning og utlekking fra deponier og forurenset grunn i strandkant. Sedimentbelastningen utenfor Kaia har særlig aktualisert seg i forbindelse med Eydehavn Næringsutvikling A/S sine raskt framlagte planer om å utføre mudrings- og sprengningsarbeid utenfor Hovedhallen.

### 6.5.1 Langs land

Det vil i første rekke være viktig å arbeide videre med kartlegging av sedimentkvaliteten i områdene opp mot land, dvs. utenfor Steikeritomta, Tromøysundtippen og Heggedalstippen. Slike undersøkelser vil være av særlig nytte for de prosjektene Eydehavn Næringsutvikling A/S har gått inn på uten tilstrekkelig belysning på forurensningskonsekvensene. Undersøkelsene er nødvendige for å vurdere hvorvidt det i det hele kan aksepteres eller er mulig å utføre anleggsarbeid i så vidt forurensede områder som utenfor Steikeritomta. De vil også være nyttige som grunnlag for å vurdere evt. videre anleggsplanlegging på andre deler av strandstrekningen mot sundet og Heggedalsbukta.

Belastningsundersøkelsene må gjøres både i dybden og i transekter ut fra land. Prøvene som tas ut må også kunne benyttes til å gjøre geotekniske vurderinger av stabilitet, og av i hvilken grad massene virvles opp dersom de forstyrres. Undersøkelsene bør også inneholde måling av strømhastighet på ulike dybder og i ulik avstand fra land. Slike målinger kan benyttes i samband med vurdering av alternative tiltak, f.eks. mudringsarbeid e.l. hvor massene forstyrres.

Videre undersøkelser langs land kan ha flere målsettinger enn ovennevnte. Det er nødvendig å kartlegge variabiliteten i sedimentkvalitet som en del av undersøkelsene av deponier og forurenset grunn på land. Større kunnskap om variabiliteten vil ha verdi for den generelle vurderingen av utlekking, men kan også nyttes til å identifisere foretrukne utlekkingsveier. Forurensningsbelastningen i sedimentene kan være resultat av ikke avdekkede kilder. Undersøkelsene kan derfor nyttes til inverst kildesøk, f.eks. etter PCB.

Utlekkingen til resipient kan foregå som partikkeltransport. En annen metode for å detektere utvaskingen kan derfor være å sette ut sedimentasjonsfeller langs aktuelle strandstrekninger. Fellene kan benyttes både til å registrere akkumulert forurensning over tid og til å studere episodiske hendelser, f.eks. i forbindelse med store nedbørsmengder og stormflo.

Utlekking og konflikt mot resipient kan også vurderes ved effektstudier. Det kan innebære analyse av bioakkumulasjon eller økotoksikologiske tester. Det kan benyttes stedegne organismer, som f.eks. blåskjell, snegler, tang e.l., men organismer kan også settes ut i bur langs strandkanten, slik at endringer registreres over tid. Biologiske indikatorer kan også benyttes på utvasking for å finne fram til f.eks. konsentrerte utlekkingspunkter.

I forbindelse både med at det snarest mulig skal etableres et beslutningsgrunnlag for tiltak, og for å måle effekt i og etter en tiltaksfase er det viktig, jo før jo



heller, å etablere et overvåkningssystem i resipienten. Det kan omfatte både biologiske indikatorer og sedimentfeller. Stasjoner må etableres både nær forurensningskildene og langs transekter med ulik avstand til kildene.

I det videre arbeidet er det vel så viktig som i den avklarende fasen å koordinere undersøkelsene som settes i verk på land og i resipienten. Koordinering er nødvendig både når det gjelder prøvetakingsstrategiske og metodiske forhold.

### 6.5.2 I sundet

Dersom dumpingene viser seg å ha foregått ved Håneset, er tønnene korrodert og avfallsrestene begravd under nydannede sedimenter. Det kan være behov for å verifisere en slik hypotese ved uttak av dypere sedimentkjerner i dumpingsområdet. Kjernene kan benyttes både til bestemmelse av sedimentasjons-hastighet og til kjemisk analyse for å se om dumpingene har påført sedimentene rundt en forhøyet forurensningsbelastning. Dersom dumpingene har foregått annet sted, kan det være behov for lignende undersøkelser der.

Overvåkningsprogrammet nevnt i kap. 6.5.1 bør også omfatte dypere deler av sundet, der diffus forurensning fra Nitriden og andre kilder har gitt en belastning i sedimentene som ligger i området "sterkt forurenset".

## 6.6 Bakgrunnsbelastning i regionen

Undersøkelsene danner et godt grunnlag for konsekvensvurderingene av deponier og forurenset grunn. I forhold til utslipp til resipienten var det imidlertid ikke mulig å komme fram til eksakte data. Det synes likevel ikke å være nødvendig å følge opp disse delene uten at spesielle ting kommer opp i neste fase av undersøkelsene til lands og til vanns.

Bakgrunnsmålingene i regionen påviste høy belastning av kvikksølv og PAH på et sted mellom Nitriden og Arendal Smelteverk a.s. Sedimentundersøkelsene avdekket kvikksølv i Heggedalsbukta som ikke syntes å ha sammenheng med Nitriden. Disse forholdene kunne vært nærmere avklart. Det gjelder også en nærmere analyse av PAH-belastningen. Det kunne vært gjort ved statistisk analyse av PAH-profilene fra ulike prøvesteder. Sedimentbelastningen i tjern og vann i nedslagsfeltet kunne også vært brukt for å skille mellom Nitriden, Arendal Smelteverk a.s. og langtransportert forurensning som forurensningskilde, både i nedbørfeltet og i sundet.



## 7. REFERANSER

- Brunstad, H. og O. Lind 1990. Kartlegging av spesialavfall i deponier og forurenset grunn i Aust-Agder fylke. Nor.geol.unders. Rapport nr. 90.123. 156 s.
- Bruskeland, O. og G.K. Grepstad 1992. Nitriden. Eydehavn. Område 7 Bakgrunnsmålinger i regionen. Avklarende miljøgeologiske undersøkelser. 17 s.
- Fjelldal, J.C. 1990. Kartlegging av industriprosesser og fyllinger ved Nitriden. Fylkesmannen i Aust-Agder, miljøvernavdelingen. Rapport nr. 8-1990. ISSN 0800.8523. 8 s.
- Grepstad, G.K., og O. Bruskeland 1993. Nitriden - Eydehavn. Område 2 Nitriden-tomta. Avklarende miljøgeologiske undersøkelser. NOTEBY-rapport nr. 43452/1. 38 s.
- Helland, A. 1993. Nitriden-industriområde i Arendal. Prosjektområde 6: Sedimenter i Tromøysund og Heggedalsbukta. NIVA-rap. O-92219. L.nr. 2846. 73 s.
- Pedersen, O. C. og E. Ingebretsen 1992. Undervannssøk på lokaliteter med spesialavfall i Tromøysund ved "Nitriden" - Arendal. GEOMAP-rapport nr. 92431/1.
- Rødsand, T., G. Vik, H. Jonassen og A. Hauge 1992. Nitriden-Eydehamn, miljøgeologiske undersøkelser. Undersøkelse av områdene Elektrodefabrikken, Tippen og gruvene på Pinnen og Buøya. NGI-rapport nr. 924065-1. 55 s.
- Sæland, S. 1992. Nitriden. Oppfølging av kartlagte lokaliteter med spesialavfall. Forprosjekt. JORDFORSK-rapport nr. 7.0903-01/1. 33 s.
- Sæland, S. 1992b. Kartlegging av forureina grunn ved Ølen Skips, Ølen i Hordaland. JORDFORSK-rapport nr. 7.1214-01/1. 28 s.