



**Amternes Videncenter
for Jordforurening**

Branchebeskrivelse for maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder

**Teknik og Administration
Nr. 5 2004**

Indholdsfortegnelse

1	Indledning.....	1
2	Sammenfatning	3
3	Generel beskrivelse af branchen	9
3.1	<i>Branchedefinition og afgrænsning</i>	9
3.2	<i>Lovgivning</i>	11
3.3	<i>Brancheorganisation</i>	13
3.4	<i>Branchens strukturelle udvikling.....</i>	14
3.4.1	Maskinteknologi	15
3.4.2	Anvendte stoffer og kemikalier	17
3.4.3	Antal virksomheder og beskæftigede	19
4	Processer, teknologi og miljø.....	21
4.1	<i>Procesbeskrivelse.....</i>	21
4.2	<i>Produktionsindretning</i>	23
4.3	<i>Arbejdsmetoder og miljøbelastning.....</i>	26
4.3.1	Formforændrende processer	26
4.3.2	Afrensning og affedtning.....	30
4.3.3	Sammenføjningsprocesser	35
4.3.4	Overfladebehandling	38
4.4	<i>Maskinvedligehold og -rensning.....</i>	41
5	Forureningsrisiko	43
5.1	<i>Oversigt over potentielle forureningskilder.....</i>	43
5.2	<i>Vurdering af forureningsrisiko.....</i>	45
6	Undersøgelser	53
6.1	<i>Historisk kortlægning</i>	53
6.2	<i>Planlægning af fysiske undersøgelser</i>	56
6.2.1	Potentielle forureningskilder	56
6.2.2	Forureningskomponenter.....	57
6.2.3	Undersøgelsesmetoder.....	57
6.2.4	Analyseprogrammer	58
6.3	<i>Design af undersøgelsesprogram</i>	65
7	Afværgeteknikker	68
7.1	<i>Identifikation af potentielle afværgestrategier</i>	68
8	Litteraturliste	73

Bilag

Bilag 1	Ordliste
Bilag 2	Datablade for udvalgte kemiske stoffer
Bilag 3	Beskrivelse af de vigtigste primære og sekundære kilder
Bilag 4	Relevante kilder i relation til afværgeteknikker
Bilag 5	Fotoserie
Bilag 6	Erfaringsopsamling på undersøgelser

1 Indledning

Forord

Denne branchebeskrivelse er udarbejdet af NIRAS Rådgivende Ingeniører og Planlæggere A/S for Amternes Videncenter for Jordforurening.

Branchebeskrivelsen er blevet til i et samarbejde med en følgegruppe, som har været tilknyttet projektet. I følgegruppen har deltaget:

- Merete Leth Hansen, Storstrøms Amt
- Lotte Kjærgaard, Miljøkontrollen
- Mette Dahl, Frederiksborg Amt
- Michael Fogh, Fyns Amt
- Charlotte Weber, Amternes Videncenter for Jordforurening
- Arne Rokkjær, Amternes Videncenter for Jordforurening.

Herudover har smed Jørgen Nielsen deltaget i interview og rundvisning på et eksisterende smede- og maskinværksted, ligesom smed og afdelingsleder på EUC Vest, erhvervsuddannelsescenter, Poul-Arne H. Callesen har deltaget i interview og rundvisning på fagskolen i Esbjerg.

Baggrund

Baggrunden for branchebeskrivelsen er, at erfaringer fra de senere års undersøgelser af jord- og grundvandsforureninger på maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder viser, at der hersker usikkerhed om, hvilke forureningskilder og hvilke forureningskomponenter der kan forekomme på lokaliteter med disse virksomhedstyper.

I denne branchebeskrivelse er branchens strukturelle udvikling samt miljøbelastningerne gennemgået. Med baggrund i viden om processer og anvendte materialer samt erfaringer fra tidligere undersøgelser er typiske forureningskilder udpeget, og der er foretaget en vurdering af de forurenende stoffers skæbne i jord- og grundvandsmiljøet.

Nærværende rapport samler den eksisterende viden, og på den baggrund er der udarbejdet et forslag til undersøgelsesprogram for jord- og grundvandsforurening.

Branchebeskrivelsen, herunder dens anbefalinger, skal dog altid læses i forhold til de til enhver tid relevante vejledninger mv. fra Miljøstyrelsen.

Formål

Formålet med branchebeskrivelsen er at give en generel indsigt i branchens produktions- og miljøforhold, med særlig fokus på at give et overblik over aktiviteter, der kan indebære belastning af jord og grundvand.

Branchebeskrivelsen tænkes bl.a. anvendt som opslagsværk i forbindelse med arbejdet med kortlægningsundersøgelser frem til vidensniveau 2 og evt. videregående undersøgelser, og skal supplere eksisterende vejledninger fra Miljøstyrelsen /17, 18/.

Læsevejledning

Branchebeskrivelsens indhold og overordnede anbefalinger er sammenfattet i kapitel 2.

I kapitel 3 defineres og afgrænses branchen, og der gives en oversigtlig indføring i branchens strukturelle udvikling, sammensætning og den tilhørende lovgivning.

I kapitel 4 beskrives arbejdsprocesserne på maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder, samt hvilken miljøbelastning, med henblik på jord- og grundvandsforurening, som kan forventes i forbindelse med disse processer. Som supplement hertil findes i bilag 5 en fotoserie over udvalgte aktiviteter på maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder.

I kapitel 5 gives en oversigt over potentielle forureningskilder, forureningsstyper og spredningsveje samt en vurdering af risikoen for at træffe en given forureningsstype i jord, grundvand eller poreluft. I bilag 2 er der vedlagt datablade for relevante stoffer.

I kapitel 6 beskrives en fremgangsmåde til indsamling af relevante historiske oplysninger. Desuden gives der anbefalinger til, hvilke forureningskilder der bør medtages i en kortlægningsundersøgelse frem til vidensniveau 2. Endelig gives der anbefalinger til, hvordan tekniske undersøgelser kan udformes, herunder valg af prøvetagnings- og analysemetodik. Som supplement til kapitel 6 er der i bilag 3 givet en oversigt over historisk materiale. Endvidere findes i bilag 6 en erfaringsopsamling for udførte undersøgelser på maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder.

I kapitel 7 gives en kortfattet oversigt over de nuværende tekniske muligheder for afværgeforanstaltninger i forhold til jord- og grundvandsforureninger på lokaliteter, hvor der er eller har været maskinfabrik eller smede- og maskinværksted. Som supplement til kapitel 7 er der i bilag 4 anført en oversigt over relevante kilder til afværgeteknikker.

I kapitel 8 findes en litteraturliste over anvendte referencer.

I rapporten anvendes en række fagtermer, hvoraf en del er nærmere forklaret i ordlisten i bilag 1.

2 Sammenfatning

Branchedefinition og afgrænsning

Branchebeskrivelsen gennemgår produktions- og miljøforhold for maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder, som er de virksomheder, der fremstiller, reparerer og vedligeholder diverse emner af jern og metal.

Aktiviteterne kan opdeles under følgende hovedprocesser:

- Formforandrende processer
- Afrensende og affedtende processer
- Sammenføjende processer
- Overfladebehandlende processer.

Indenfor hver af ovennævnte hovedprocesser foregår der både mekaniske, termiske og kemiske processer.

Smedeværksteder defineres her som værksteder, der reparerer, vedligeholder og fremstiller diverse emner af jern og metal, og som i mindre grad udfører overfladebehandling (lakering mv.) af egne produkter.

Smedeværksteder er i mange tilfælde en videreudvikling af landsbysmedjer i takt med industrialiseringen og mekaniseringen i landbruget.

Maskinfabrikker og -værksteder har i større omfang specialiseret sig indenfor en større industriel serieproduktion. Kendetegnende for maskinfabrikkerne har været en større mekanisering og anvendelse af maskiner frem for egentligt smedehåndværk.

Maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder er omfattet af Miljøbeskyttelseslovens regler om godkendelsespligtige virksomheder i henhold til lovens kapitel 5, hvor de er opført under hovedgruppe A: ”Virksomheder, der fremstiller, forarbejder og overfladebehandler jern, stål og metal”.

Det er kommunen, der er godkendende og tilsynsførende myndighed.

Branchens strukturelle udvikling

Det statistiske materiale over antallet af virksomheder og ansatte for maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder er generelt usikkert.

Årsagen er bl.a., at maskinfabrikker frem til 1960 er blevet registreret sammen med jernstøberier. Herefter er fabrikkerne blevet registreret hhv. under maskinindustri og jern- og metalindustri. Denne senere inddeling gør det svært at udvælge specifikke grupper, der kan defineres som maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder.

- Prøvetagning af jord, grundvand og evt. poreluft
- Feltnmåling af jordprøver for tungmetaller og kulbrinter
- Analyse af jordprøver for pH, tungmetaller, BTEX og olieprodukter samt evt. cyanider og PAH'er
- Analyse af vandprøver for pH, BTEX, olieprodukter, chlorerede opløsningsmidler samt evt. cyanider
- Analyse af poreluftprøver for BTEX og chlorerede opløsningsmidler
- Vurdering af analyseresultater i relation til relevante kvalitetskriterier
- Indledende risikovurdering.

En undersøgelse af mulig jord- og grundvandsforurening foreslås prioriteret på følgende måde:

Forureningskilder, som *bør medtages* i en kortlægningsundersøgelse frem til vidensniveau 2:

- Indendørs og udendørs plads for affedtning af metalemner (plads, kar eller bade)
- Afdrypningsplads for metalemner, -spåner og -støv
- Steder for overfladebehandling af metalemner (hærdning, maling/lakering, galvanisering, forzinkning)
- Indendørs og udendørs opbevarings- og aftapningsplads for olie og kemikalier – såvel råvarer som affald
- Gulvafløb og kloakker, herunder evt. samle-/sivebrønde og olieudskiller
- Nedgravede eller fritstående olie- og kemikalietanke med tilhørende rørføringer, påfyldning og udluftning
- Udendørs vaskeplads for metalemner og maskindele
- Områder hvor der er foregået udendørs sandblæsning
- Diffus forurening af overfladejorden
- Steder for maskiner, indendørs, hvor der er foregået påfyldning/ aftapning/rengøring/reparation.

Forureningskilder, som *i specielle tilfælde kan medtages* i en kortlægningsundersøgelse frem til vidensniveau 2:

- Udendørs lager af jern og metal (råvarer, halv-/helfabrikata, affald)
- Nedfaldsområde for ventilationsafkast og sandblæsning.

Undersøgelingsprogram

På maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder anbefales det at kombinere kloakinspektion med prøvetagning af jord, vand og poreluft.

Kloakinspektion gennemføres for at lokalisere eventuelle ukendte ledninger/tilslutninger, utætheder og/eller tæringer.

På baggrund af resultatet af den historiske gennemgang og kloakinspektionen udføres boringer ved de kortlagte forureningskilder. Boringerne føres minimum til 3-4 m u.t. eller til niveau svarende til bund af kloakker, proceskar og/eller -bade.

I det omfang der træffes vandførende lag, filtersættes en eller flere boringer i det terrænnære grundvandsmagasin med henblik på vandprøvetagning. De filtersatte boringer udføres nedstrøms forureningskilderne, og er der tvivl om strømningsretningen, kan den evt. fastlægges ved pejling i tre filtersatte boringer, som placeres i en trekant rundt om de mulige forureningskilder.

Undersøgelserprogrammet foreslås suppleret med poreluftmålinger ved steder for affedtning, kloakker/olieudskiller, olie-/kemikalieoplag og evt. ved nedgravede tanke med flygtige stoffer.

Herudover foreslås det, at der udtages prøver af overfladejorden til undersøgelse af diffus forurening fra oplag af metal, forurening fra sandblæsning mv. og prøver af fyldlaget til undersøgelse af evt. affaldsdeponering.

Herudover kan der ved manglende lokalisering af eventuelle nedgravede tanke gennemføres en geofysisk kortlægning af nedgravede tanke og rørføringer.

Da forurening med metaller kan være svære at spore ved visuelle vurderinger, kan det overvejes at screene et større antal jordprøver i feltet afhængigt af, hvor stor en dækningsgrad undersøgelsen skal have.

Herudover kan det overvejes i feltet at screene et større antal jordprøver for olieprodukter og chlorerede opløsningsmidler.

På maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder *anbefales analyse for* følgende stoffer i en kortlægningsundersøgelse frem til vidensniveau 2:

- Olieprodukter og oliebaseerede opløsningsmidler samt køle-/smøremidler (rensebenzin, petroleum, mineralsk terpentin, diesel, fyringsolie, fuel og smørelie samt benzen, toluen, ethylbenzen, xylener)
- PAH'er (polycykliske aromatiske kulbrinter)
- Chlorerede opløsningsmidler (tetrachlormethan, trichlormethan, trichlor-ethylen, tetrachlorethylen, 1,1,1-trichlorethan, Freon 113, dichlormethan)
- Metaller (chrom, kobber, nikkel, zink, bly og cadmium).

Forurenende stoffer, som der i *specielle tilfælde kan analyseres for* i en kortlægningsundersøgelse frem til vidensniveau 2:

- Vandblandbare opløsningsmidler (cellulosefortynder, 2-propanol, ethanol, butylacetat)

- Chlorerede kulbrinter (chlorparaffiner, chlorbenzener, PCB'er)
- Cyanider (kalium- og natriumcyanid).

De anbefalede analysemetoder er:

- Jordprøver måles for pH og analyseres for:
 - Metaller ved ICP eller AAS
 - Totalkulbrinter, BTEX og PAH ved GC-FID og GC-MS
- Vandprøver analyseres for:
 - Olieprodukter, BTEX ved GC-FID og GC-MS
 - Chlorerede opløsningsmidler ved GC-MS/ECD og GC-MS
 - Vandblandbare opløsningsmidler ved GC-FID og GC-MS
- Poreluftprøver analyseres for:
 - Totalkulbrinter og BTEX ved GC-FID og GC-MS
 - Chlorerede opløsningsmidler ved GC-MS/ECD
 - Vandblandbare opløsningsmidler ved GC-FID og GC-MS.

Ved fund af chlorerede opløsningsmidler bør det overvejes at udvide analyseprogrammet, så der også analyseres for nedbrydningsprodukter fra chlorerede opløsningsmidler.

Er der mistanke om fri fase, bør dette afklares.

Undersøgelsen afsluttes med vurdering af analyseresultaterne i relation til relevante kvalitetskriterier samt en indledende risikovurdering og rapportering.

3 Generel beskrivelse af branchen

3.1 Branchedefinition og afgrænsning

Branchebeskrivelsen gennemgår produktions- og miljøforhold for maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder med særligt fokus på aktiviteter, der kan indebære forurening af jord og grundvand.

Der findes ikke nogen klar afgrænsning mellem smedeværkstedet, maskinværkstedet eller maskinfabrikken.

Smedeværksteder defineres her som værksteder, der reparerer, vedligeholder og fremstiller diverse emner af jern og metal, og som i mindre grad udfører overfladebehandling (lakering mv.) af egne produkter.

Smedeværksteder er i mange tilfælde en videreudvikling af landsbysmedjer i takt med industrialiseringen og mekaniseringen i landbruget.

Maskinfabrikker og maskinværksteder har i større omfang specialiseret sig indenfor en større industriel serieproduktion. Kendetegnende for maskinfabrikkerne har været en større mekanisering og anvendelse af maskiner frem for egentligt smedehåndværk. Dog skal man ikke lade navnet (smedie, smedeværksted, maskinværksted og maskinfabrik) være sigende for de aktiviteter, der kan være foregået. Dette skal afdækkes ved den historiske kortlægning.

Processerne består af en række formbearbejdende og formforandrende processer såsom fræsning, slibning, boring, skæring mv.

Herudover kan der foregå afrensning og/eller affedtning af emnerne forud for, mellem og/eller efter bearbejdning.

Herudover udfører maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder sammenføjende processer (svejsning, lodning og limning) og/eller overfladebehandling (maling/lakering, hærkning, galvanisering og varmforzinkning).

Nogle af de aktiviteter der gennemgås, er ikke almindelige på mindre smede- og maskinværksteder, bl.a. affedtning i kar. Det er derfor vigtigt, på baggrund af den gennemførte historik, at få udvalgt og lokaliseret, hvilke aktiviteter der er foregået på den enkelte lokalitet.

Større virksomheder, eksempelvis større maskinfabrikker, større landbrug (herregårde), stålvalseværker, fødevarerindustrier mv. kan have haft eget smede- og maskinværksted, hvorfor denne branchebeskrivelse kan bruges til vurdering af miljøbelastningen for de smede- og værkstedsrelaterede arbejdsprocesser på disse virksomheder.

Amternes Videncenter for Jordforurening (AVJ) har i 1997 udgivet en branchebeskrivelse for metalforarbejdende virksomheder (nr. 8, 1997), som gennemgår de aktiviteter, der foregår på metalforarbejdende virksomheder /2/. Flere af aktiviteterne, der behandles i den tidligere branchebeskrivelse, er de samme, som foregår på maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder.

Nedenfor er oplistet de processer, som gennemgås i nærværende branchebeskrivelse.

Formforændrende processer:

Spånløs bearbejdning Klipning, lokning, standsning, bukning, valsning, retning, varmretning, varmbukning, smedning.

Spåntagende bearbejdning Mejsling, savning, filning, slibning, drejning, fræsning, boring, skæring, rivning, gevindskæring mv.

Afkortning og tildannelse Mekanisk skæring, flammeskæring, vandstråleskæring, plasmaskæring, laserskæring.

Sammenføjende processer: Skrue-/boltsamlinger, lodning, svejsning, limning.

Afrensende og affedtende processer: Manuel affedtning og afrensning, neddykning, damprensning, blæsning med f.eks. sand/stål og slyngrensning.

Overfladebehandlende processer: Hærdning, maling/lakering.

De virksomheder, der behandles i branchebeskrivelsen, findes inden for følgende overordnede branchekoder, jf. Danmarks Statistik:

27	Fremstilling af metal
28	Jern- og metalvareindustri
29	Maskinindustri.

I Miljøstyrelsens vejledning "Kortlægning af forurenede arealer" nr. 8, 2000 /17/ optræder virksomhederne under hovedgruppe 10 (Metalindustri) med følgende undergrupper/kodebetegnelser: 10.7 (Smedeværksteder) og 10.8 (Maskinfabrikker og -værksteder).

Det skal i forbindelse med afgrænsningen nævnes, at nogle smede- og maskinværksteder har foretaget reparation af traktorer/motorer for bl.a. landbruget. Disse aktiviteter behandles ikke i denne branchebeskrivelse, men der henvises bl.a. til AVJ's branchebeskrivelse for autoværksteder, nr. 4, 1997 /5/.

Denne branchebeskrivelse gennemgår overfladebehandlingsmetoderne maling/lakering og hærkning. Galvanisering og varmforzinkning er også anvendte overfladebehandlingsmetoder på maskinfabrikker og nogle smede- og maskinværksteder – disse metoder gennemgås ikke her. En uddybende gennemgang af overfladebehandlingsmetoder af metal er beskrevet i AVJ's branchebeskrivelse for metalliseringsvirksomheder, nr. 2, 1999 /6/.

På maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder er der foregået affedtning af metal med bl.a. chlorerede opløsningsmidler. Processerne og deres mulige miljøbelastning gennemgås i denne branchebeskrivelse. Herudover findes der en gennemgang af, hvilke brancher der anvender chlorerede opløsningsmidler i AVJ's rapport "Kortlægning af brancher, der anvender chlorerede opløsningsmidler" nr. 4, 2002 /7/.

I tilknytning til maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder findes ofte oplysning om fyringsolietanke til opvarmning og eventuelt salgsanlæg for diesellole og benzin, herunder farvet benzin. Disse tanke udgør en risiko for forurening af jord- og grundvand, men er i øvrigt uafhængige af aktiviteterne på maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder. For en beskrivelse af mulig miljøbelastning fra tankanlæg henvises bl.a. til AVJ's Branchebeskrivelse for autoværksteder nr. 4, 1997 /5/.

3.2 Lovgivning

Godkendelse og anmeldelse

Ved miljøbeskyttelseslovens ikrafttræden i 1974 blev maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder medtaget på listen over godkendelsespligtige virksomheder under kategorien A5 (Fremstilling og forarbejdning af jern, stål og metaller) /8/. Ved etablering af nye virksomheder eller ved væsentlige ændringer af eksisterende virksomheder inden for denne kategori var der således krav om godkendelse efter § 35 i kapitel 5 i den dengang gældende Miljøbeskyttelseslov.

Før vedtagelsen af Miljøbeskyttelsesloven var forurenende industrier reguleret ved sundhedsvedtægter via sundhedskommissionen i de enkelte kommuner.

Godkendelse 1974-1991

I perioden fra 1974 til 1991 var alle metalforarbejdende virksomheder med et produktionsareal på mere end 100 m² omfattet af Miljøbeskyttelseslovens kapitel 5 om forurenende virksomhed. Under denne gruppe hørte såvel maskinfabrikker som smede- og maskinværksteder.

Maskinfabriker og smede- og maskinværksteder hører på Miljøstyrelsens liste over godkendelsespligtige virksomheder ind under Hovedgruppe A: ”Virksomheder der fremstiller, forarbejder og overfladebehandler jern, stål og metal”.

Det er kommunen, der er godkendende og tilsynsførende myndighed.

Godkendelse efter 1991

I 1991 blev grænsen hævet for, hvornår virksomheder skal godkendes efter Miljøbeskyttelseslovens kap. 5. Siden 1991 er det alene virksomheder med et produktionsareal større end 1000 m², der skal godkendes, jf. listen over godkendelsespligtige virksomheder pkt. 11.

Smedeværksteder er godkendelsespligtige, hvis de jf. listens pkt. 6 har smedjer med hamre, hvis slagenergi overstiger 50 kJ pr. hammer, når den samlede indfyrede effekt i ovnene samtidig overstiger 20 MW.

Desuden er der nedennævnte punkter på listen, som maskinfabriker og smede- og maskinværksteder indplaceres efter, hvis forholdene i pkt. 7a, 7b, 8a eller 8b er opfyldt:

Pkt. 7a. Virksomheder, der pålægger et beskyttelseslag af smeltet metal, herunder varmforzinkningsvirksomheder, når mængden af materiale, som skal pålægges smeltet metal, overstiger 2 tons pr. time.

Pkt. 7b. Virksomheder, der pålægger et beskyttelseslag af smeltet metal, herunder varmforzinkningsvirksomheder, når mængden af materiale, som skal pålægges smeltet metal, er mindre end eller lig med 2 tons pr. time.

Pkt. 8a. Virksomheder, der foretager overfladebehandling af metaller og plastmaterialer ved hjælp af elektrolytisk eller kemisk proces, når det samlede volumen af de anvendte kar (forbehandlingsbade, procesbade og aftræksbade) overstiger 30 m³.

Pkt. 8b. Virksomheder, der foretager overfladebehandling af metaller og plastmaterialer ved hjælp af elektrolytisk eller kemisk proces, når det samlede volumen af de anvendte kar (forbehandlingsbade, procesbade og aftræksbade) er mindre end eller lig med 30 m³. Dog undtaget virksomheder af håndværksmæssig karakter.

Anmeldepligtige virksomheder

De virksomheder, som fra 1991 ikke længere skulle godkendes, blev i 1992 omfattet af en anmeldepligt. Anmeldepligten gælder for virksomheder med et produktionsareal på mellem 100 og 1000 m².

Tilsyn

Miljøstyrelsen har fastsat, hvor ofte der skal føres tilsyn. På de godkendelsespligtige virksomheder skal der som minimum føres tilsyn hvert år, hvorimod de anmeldtepligtige virksomheder tilses minimum hvert 3. år.

Spildevand

Der skal ansøges om tilladelse til udledning til offentligt afløbssystem efter kapitel 4 i Miljøbeskyttelsesloven (lov nr. 753 af 25. august 2001 med senere ændringer) /9/.

Affald

I 1972 udstedes, med hjemmel i Lov om bortskaffelse mv. af olie- og kemikalieaffald /10/, Bekendtgørelse om bortskaffelse mv. af olieaffald /11/, der skal sikre en mere kontrolleret opbevaring, transport og bortskaffelse af olieaffald. Herefter skal virksomheder, der frembringer olieaffald, aflevere dette på et af kommunalbestyrelsen anvist sted, medmindre kommunalbestyrelsen foranstalter afhentning. Fra modtagestationerne transporteres olieaffaldet til Kommunekemi A/S, Nyborg, der fra 1972 kunne modtage og behandle alt olieaffald i Danmark.

I 1976 blev der med Bekendtgørelse om kemikalieaffald /12/ indført tilsvarende lovgivning om kemikalieaffald. Siden 1976 har Kommunekemi A/S været i stand til ligeledes at modtage og behandle så godt som alt kemikalieaffald i Danmark.

Før 1972/1976 har der således ikke været mulighed for at bortskaffe olie- og kemikalieaffald til central behandling.

Ifølge Bekendtgørelse nr. 619 af 27. juni 2000 om affald er virksomheden pligtig til at bortskaffe alle typer af affald i henhold til den af kommunalbestyrelsen anviste håndtering af affald /13/.

Siden 1. juni 2001 har godkendelses- og anmeldtepligtige virksomheder skullet registrere oplysninger om deres affaldsproduktion.

Kommunerne skal jf. Affaldsloven udarbejde regulativer for håndtering og bortskaffelse af forskellige typer af affald. I disse regulativer indgår også forskrifter for, hvordan affaldet skal opbevares. Regulativerne udarbejdes individuelt i kommunerne, og kravene kan derfor afvige fra kommune til kommune. Krav til opbevaring af kemikalieaffald vil ofte stamme fra regulativerne.

3.3 Brancheorganisation

Maskinfabriker og smede- og maskinværksteder har ikke nogen fælles brancheorganisation, der dækker alle underbrancher. Derimod findes der flere mindre brancheorganisationer, der dækker en eller flere underbrancher. Nedenfor er oplyst forskellige relevante brancheorganisationer jf. /7/:

- Foreningen af Smede- og Maskinvirksomheder i Danmark (SMD), www.smd.dk
- Landbrugsmaskin-Importørernes Brancheforening
- Danske Landbrugsmaskinfabrikanter
- Dansk Maskinhandlerforening, www.danskmaskinhandel.dk
- Landsforeningen Danske Maskinstationer
- Brancheforeningen for Gear og Gearmotorer, www.bgg-dk.dk
- Motorbranchens Arbejdsgiverforening
- Foreningen af Jern-, Skibs- og Maskinbyggeriet i Danmark (Skibsværftsforeningen), info@shipbuilders.dk.

Smedeværksteder er typisk organiseret i følgende brancheforeninger:

- Foreningen af Smede- og Maskinvirksomheder i Danmark (SMD), www.smd.dk
- Dansk Smedemesterforening, Håndværk og Industri (DS), www.ds-net.dk
- Københavns Smedelaug.

3.4 Branchens strukturelle udvikling

Igennem århundreder har der været fremstillet emner af jern og metal til husholdnings- og håndværksbrug, og en egentlig produktion eller håndværk har sit udspring i smedeb Branchen.

Op igennem 1800-tallet kom der som følge af udviklingen i landbruget og den stigende industrialisering en stigning i antallet af smede- og maskinværksteder. Der fandtes en smed i næsten hver landsby. Med tiden overtog maskinerne meget af smedens arbejde.

I dag beskæftiger flere brancher sig med fremstilling, reparation og vedligeholdelse af emner af jern og metal, herunder maskinfabriker og smede- og maskinværksteder.

Smedeb Branchen dækker over den traditionelle landsbysmedje til det tidlige smedeværksted (frem til midten af 1950'erne) og op til nutidens mere avancerede smedeværksted.

Der findes ikke nogen klar afgrænsning mellem et smedeværksted og et maskinværksted, og mange af arbejdsprocesserne er de samme. Overordnet kendetegnes smedeværkstedet dog af de mere håndværksprægede arbejdsrutiner.

Branchen dækker over en række virksomheder, som er meget forskellige med hensyn til produktion og indretning, samt hvilken grad af teknologisk udvikling der har fundet sted /2/.

Overordnet kan maskinbranchens teknologiske udvikling i grove træk beskrives som /2/:

- Generelt er de benyttede maskiner blevet stadig større og dermed i stand til at bearbejde større emner og udføre arbejdet i højere tempo og med større præcision.
- Forbruget af rå- og hjælpestoffer er gået i retning af en stadig større anvendelse af metallegeringer indeholdende en lang række forskellige metaller med specielle mekaniske, kemiske eller termiske egenskaber. Derudover er der sket en voksende anvendelse af letmetaller, især aluminium og aluminiumslegeringer.
- Ud fra en forureningsmæssig betragtning er det i særlig grad maskinbranchens voksende forbrug af diverse kemiske stoffer ved overfladebehandling og metalaffedtning samt køle-/smøremidler, som er vigtig, herunder opbevaringen og bortskaffelsen af olie, kemikalier og metaller.

3.4.1 Maskinteknologi

Landsbysmedjens indretning var centreret omkring essen. Smeden lavede vognhjul, skoede heste, fremstillede værktøj og reparerede maskiner.

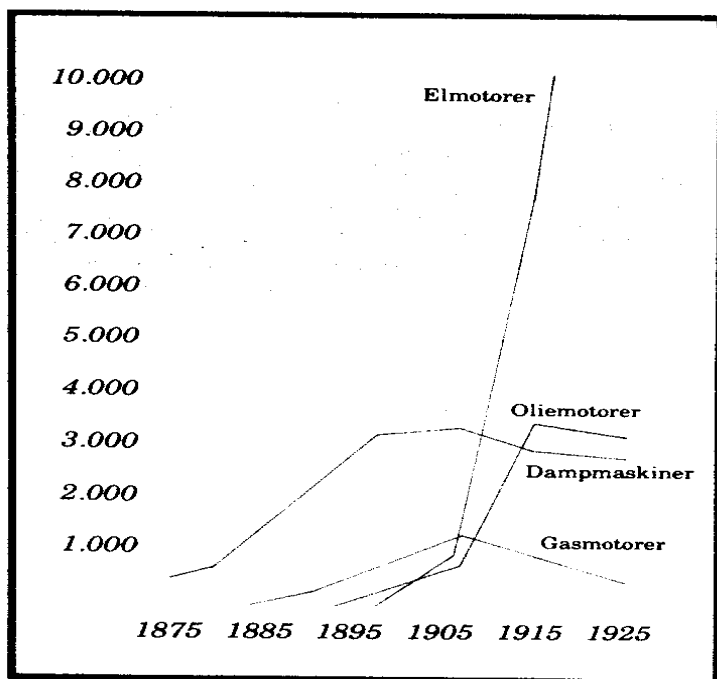
Mange af de traditionelle håndværk og værktøjer er bevarede og anvendes i mindre omfang, selvom en del processer i dag er mekaniserede.

Med tiden overtog maskinerne meget af smedens arbejde. Landbrugene blev større, og flere fik deres eget værksted med eget svejseanlæg, slibemaskiner mv. Flere smedeværksteder fandt deres egen nicheproduktion, især indenfor landbruget som gennemgik en stigende mekanisering, så der opstod behov for fremstilling af staldinventar, forskellige redskaber, landbrugsmaskiner, vindmøller mv.

Energiforsyningen til produktion har frem til midten af 1800-tallet været relativt primitiv (vand- og vindkraft samt manuelt arbejde af dyr og mennesker). Fra ca. 1850 indførte mange større fabrikker dampmaskiner, og denne nye kraftkilde åbnede mulighed for at kunne øge mængden og hastigheden i produktionen /44/.

I løbet af 1880'erne kom nogle forskellige typer af eksplosionsmotorer frem, som var væsentligt billigere end dampmaskinen. Dermed blev det muligt selv for de mindre virksomheder at få mekanisk drivkraft /44/.

Figur 3.1. viser udviklingen i indførelsen af kraftmaskiner i perioden 1875-1925.



Figur 3.1 Kraftmaskiner indenfor håndværk og industri 1875-1925 /44/.

Den vigtigste opfindelse var elektromotoren, der især blev udbredt i takt med elektricitetsforsyningen fra 1891. Elektromotoren kunne anbringes direkte på arbejdsmaskinerne, og de gamle aksler og farlige drivremme kunne afskaffes /44/.

Maskinteknologien har samtidig ændret sig meget gennem tiden som følge af udviklingen af mere avancerede maskiner og anvendelse af kemiske stoffer og ny teknologi.

Op igennem 1960'erne og 1970'erne blev flere processer effektiviseret ved brug af kemikalier, hærder, hurtigtørrende overfladebehandling og mere effektive midler. I de senere årtier er der sket en automatisering og mekanisering, og der anvendes avanceret robotteknologi. Endvidere er hastigheden og volumen på maskinerne sat i vejret.

Der er sket en automatisering i metalindustrien, og mange processer er overtaget af maskiner og industrirobotter. Der anvendes IT-værktøj og tekniske programmer (CAD/CAM-programmer) til design, dimensionering og styring af CNC-maskiner /3/.

3.4.2 Anvendte stoffer og kemikalier

Metaller

Valg af metal til det emne, der skal fremstilles, afgøres blandt andet ud fra metallets struktur og egenskaber.

De hyppigst anvendte metaller er /16/:

- Jern
- Konstruktionsstål
- Rustfrit stål (legeret stål)
- Værktøjsstål
- Kobber
- Aluminium.

Valget af materiale afhænger af, hvilke egenskaber metallet skal have før, under og efter bearbejdningen, bl.a. om metallet skal have en given styrke, kunne tåle træk/tryk, have elektrisk ledningsevne, være korrosionsbestandigt mv.

Overordnet anvendes jern til fremstilling af kroge, beslag, tænger mv., hvorimod stål anvendes til skærende og huggende værktøj.

Forskellen mellem jern og stål afgøres ud fra indholdet af kulstof. Indeholder jern over 0,4 % kulstof, kan det hærdes og betegnes stål. Hårdheden i hærdningen øges med kulstofindholdet. Kommer kulstofindholdet op på 2 %, er der tale om støbejern, og det kan ikke smedes. Det almindeligste procentvise indhold af kulstof i stål til smedning er 0,75 % /16/.

Jern, konstruktionsstål, rustfrit stål og værktøjsstål indeholder varierende mængder af Kulstof (C), Silicium (Si), Mangan (Mn), Fosfor (P) og Svovl (S) /16/.

Køle-/smøremidler og forskellige olietyper

Når metal forarbejdes, opstår der varme på grund af gnidningsmodstanden. Før 1940'erne kom man derfor vand på skærestedet, siden udvikledes specielle køle-/smøremidler.

De mest anvendte køle-/smøremidler, og i forureningsmæssig sammenhæng mest relevante midler, er de rene mineralolier, opløsningsmiddelbaserede væsker, emulsioner af mineralolier samt de vandbaserede syntetiske væsker /2/.

Køle- og smøremidler kan således indeholde ikke-vandblandbare væsketyper (olie eller oliebaserede opløsningsmidler), vandbaserede og vandblandbare væsketyper (syntetiske væsker, vandblandbare opløsningsmidler) eller begge dele (emulsioner). Indholdsstofferne i køle-/smøremidler kan inddeles i hovedkomponenter samt en række additiver. I kap. 5, tabel 5.2, er der givet en oversigt over hovedkomponenter og additiver i forskellige køle-/smøremidler.

Anvendelsen af især de oliebaseerede køle-/smøremidler steg i takt med indførelsen af maskiner og hermed f.eks. en større dreje- eller skærehastighed.

Før 2. Verdenskrig var de rene mineralolier de mest anvendte køle- og smøremidler. De indeholder en blanding af kulbrinter med et varierende aromatindhold (fra 1-30 %). Herudover indeholder de chlorerede paraffiner, frit svovl og svovlbehandlede olier.

Efter 2. Verdenskrig er emulsioner af mineralolier de mest anvendte med et mineralolieindhold på mere end 50 %. Midlet fortyndes med vand. Som additiv blev tilsat biocider, og fra 1945/50 til ca. 1980 chlorphenoler /2/.

Siden 1960-70'erne er de syntetiske køle-/smøremidler især anvendt. De indeholder ikke mineralolie, men består af vand som hovedkomponent tilsat bl.a. korrosionsinhibitorer og biocider /2/.

Køle- og smøremidler, især de vandholdige, kan indeholde metaller i partikel-form, optaget fra værktøjet eller det bearbejdede emne /2/.

Herudover er der i maskinerne anvendt hydraulik- og smøreolie, og til indfedtning og beskyttelse af metalemner er anvendt olie og fedt.

Til opvarmning kan der være anvendt fyringsolie, som overvejende består af C₉-C₂₀ kulbrinter.

Affedtningsmidler

Til at opløse fedt og olierester har der gennem tiden været anvendt mange typer affedtningsmidler, herunder organiske opløsningsmidler og diverse vandbaseerede evt. basiske opløsningsmidler (lud).

Mest anvendt er sæbe, de ikke-vandblandbare chlorerede opløsningsmidler (trichlorethylen mv.), oliebaseerede opløsningsmidler (mineralsk terpentin, petroleum, rensebenzin), vandblandbare opløsningsmidler (cellulosefortynder, butylacetat, isopropanol, sprit) og cyanider mv.

De organiske opløsningsmidler har været anvendt siden starten af det 20. århundrede, og anvendelsen har været udbredt inden for hele jern- og metalindustrien.

Maling og lak

Omfanget af anvendelse af maling og lak er meget forskelligt fra virksomhed til virksomhed.

Maling og lakering blev især udbredt som overfladebehandlingsmetode efter

1920. Dengang anvendtes enten oxidationstørrende produkter baseret på naturharpiks eller linolie med mineralsk terpentint som opløsningsmiddel, eller fordampningstørrende produkter baseret på cellulose med opløsningsmidler tilhørende gruppen af estere (isobutylacetat, butylacetat) eller ketoner (acetone, metylethylketon) samt fortyndingsmidler som toluen og xylen /2/.

Efter 2. Verdenskrig er der udviklet en lang række maling- og lakprodukter baseret på kunstig harpiks, som f.eks. alkyd, urethan og epoxy og med tilsætning af en lang række forskellige organiske opløsningsmidler og pigmenter. Der er udviklet en række specialprodukter med særlige fysiske, kemiske eller termiske egenskaber. Et særligt kemikaliebestandigt produkt indeholder således bl.a. chlorkautsjuk og PCB, og maling til ovnlakering kan indeholde trichlorethylen /2/.

Ud over anvendelsen af maling og lak har der også været anvendt rustbeskyttelsesmidler. I perioden fra ca. 1920 og frem til i dag har blymønje været anvendt. I perioden efter 2. Verdenskrig er der fremstillet en række nye rustbeskyttelsesmidler /2/.

Overordnet kan de mest anvendte stoffer på maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder opdeles i følgende grupper:

- Olieprodukter og opløsningsmidler: Rensebenzin, petroleum, mineralsk terpentint, dieselolie, fyringsolie samt destillationsprodukter som benzen, toluen og xylener. Herudover findes mindre mængder PAH'er (poly-cykliske aromatiske kulbrinter) i diverse produkter
- Særlige køle-/smøreprodukter (smøreolie, hydraulikolie, skæreolie, køle- og smøremidler)
- Vandblandbare opløsningsmidler (cellulosefortynder, 2-propanol, ethanol, butylacetat)
- Chlorerede opløsningsmidler (tetrachlormethan, trichlormethan, trichlorethylen, tetrachlorethylen, 1,1,1-trichlorethan, Freon 113, dichlormethan)
- Chlorerede kulbrinter (chlorparaffiner, chlorbenzener, PCB'er)
- Metaller (chrom, kobber, nikkel, zink, bly og cadmium)
- Uorganiske stoffer (cyanider, eks. kalium- og natriumcyanid samt natriumhydroxid).

3.4.3 Antal virksomheder og beskæftigede

Det statistiske materiale over antal af virksomheder og ansatte for maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder er generelt usikkert.

Grunden hertil er bl.a., at maskinfabrikker frem til 1960 er blevet registreret sammen med jernstøberier. Herefter er fabrikkerne blevet registreret hhv. under maskinindustri og jern- og metalindustri. Denne senere inddeling gør det svært at udvælge specifikke grupper, der kan defineres som maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder.

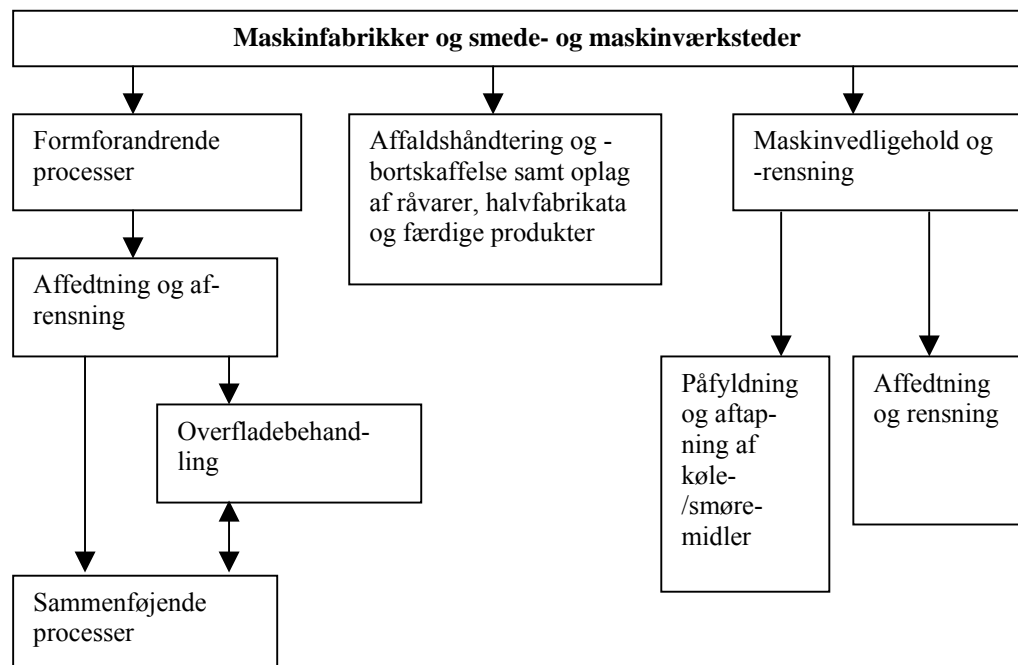
4 Processer, teknologi og miljø

4.1 Procesbeskrivelse

På maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder foregår der fremstilling, reparation og vedligeholdelse af emner af jern og metal under følgende hovedprocesser:

- Formforandrende processer
- Afrensende og affedtende processer
- Sammenføjende processer
- Overfladebehandlende processer.

Indenfor hver af ovennævnte hovedprocesser foregår der både mekaniske, termiske og kemiske processer. Herudover medfører den almindelige vedligeholdelse af maskinparken, at der jævnligt påfyldes og aftappes olie og køle-/smøremidler, og at der er behov for affedtning og rensning af maskinerne med f.eks. sæbe og opløsningsmidler. Affedtning kan foregå flere steder i og mellem de enkelte processer. Overfladebehandling kan være foregået, men ikke nødvendigvis på alle virksomheder. Hovedprocesserne fremgår af figur 4.1.



Figur 4.1 Overordnet procesdiagram for processerne på maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder. Affedtning kan ske flere steder i forløbet, og overfladebehandling sker ikke altid.

Hovedprocesserne indenfor fremstilling, reparation og vedligeholdelse kan opdeles i en række underprocesser, som vist i tabel 4.1.

Formforandring	Affedtning og afrensning	Sammenføjning	Overfladebehandling
Spånløs bearbejdning	Manuel affedtning og afrensning	Skrue-/boltsamlinger	Hærdning
Spåntagende bearbejdning	Neddypning	Lodning	Maling/ Lakering
Afkortning og tildannelse	Damprensning	Svejsning	Galvanisering
	Blæsning og slyngrensning	Limning	Varmforzinkning

Tabel 4.1 Opdeling af enkeltprocesser inden for de enkelte hovedprocesser for maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder /2, 3/.

Denne overordnede inddeling er i det følgende benyttet til beskrivelsen og gennemgangen af de enkelte arbejdsmetoder samt en eventuel miljøbelastning.

I bilag 5 er vedlagt en fotoserie over nogle af aktiviteterne på maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder.

Nærværende branchebeskrivelse omhandler alene overfladebehandlingsmetoderne hærdning og maling/lakering. På flere maskinfabrikker og større smede- og maskinværksteder foregår der overfladebehandling i form af bl.a. galvanisering og varmforzinkning. For en beskrivelse af disse overfladebehandlingsteknikker henvises der til branchebeskrivelse nr. 2, 1999 "Branchebeskrivelse for metalliseringsvirksomheder" /6/.

Afrensnings- og affedtningsprocesserne foregår forskellige steder i procesforløbet – forud for reparation, demontering og efter de formforandrende processer.

Arbejdsmetoder og miljøbelastningen for maskinvedligehold og -rensning vil blive beskrevet i et selvstændigt afsnit.

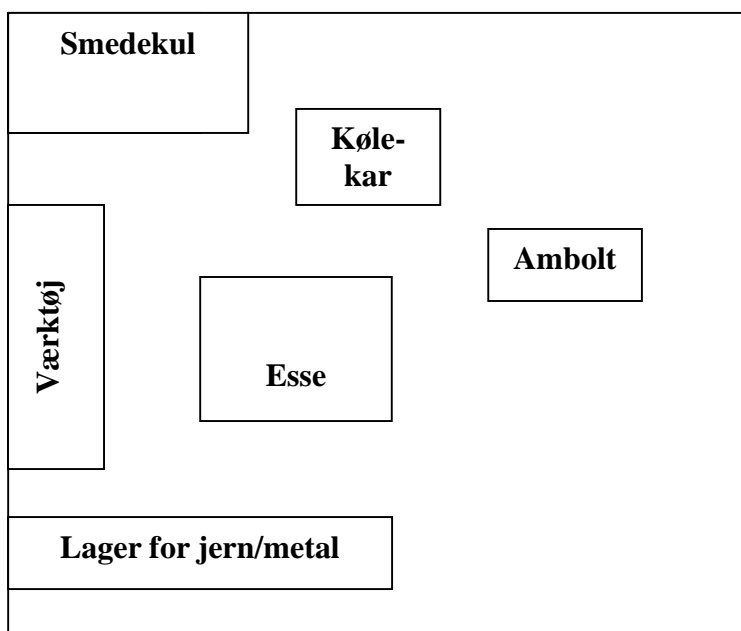
Oplag af råvarer, halvfabrikata og færdige produkter vil blive beskrevet under de enkelte processer, da en eventuel forureningskilde/-type varierer meget fra proces til proces.

4.2 Produktionsindretning

Der er stor forskel på indretningen af de forskellige virksomheder indenfor branchen, og denne indretning er ofte ændret gennem produktionsperioden, ligesom placeringen af de enkelte delprocesser kan have ændret sig igennem forløbet. Af betydning er størrelsen af virksomheden og hermed omfanget af maskinparken i forhold til produktionen. Flere maskinfabrikker har specialiseret sig i en bestemt nicheproduktion med en begrænset og specialiseret maskinpark til følge.

Indretningen og maskinparken har ændret sig gennem tiden som følge af udviklingen af mere avancerede maskiner og anvendelse af kemiske stoffer og ny teknologi.

Smedje: Indretningen i en gammeldags smedje var simpel med en esse med tilhørende kulgrube og en værktøjssamling bestående af ambolt, hammer, tang, mejsel, nedstryger, fil mv., jf. figur 4.2. Herudover var der typisk et kølekar og et lager til kul, metal, olie mv. Jernet blev opvarmet i essen, og der blev fyret med sten- eller trækul /14/.



Figur 4.2 Eksempel på indretning af en gammel smedje.

Smedeværkstedet: Det moderne smedeværksted er typisk indrettet i en hal, ofte bygget op omkring eller i forlængelse af smedjen. I produktionshallen findes der typisk arbejdsområde med smedeesse, rum til metalformforandrende maskiner, svejseafdeling og montageområde, rum for maling og lakering, evt. i selvstændig sprøjtekabine, lager for olie, kemikalier, maling mv., lager for jern

og stål, lager for halvfabrikata og færdigvarer mv. I produktionshallen kan der være monteret loftskran, gaffeltruck mv.

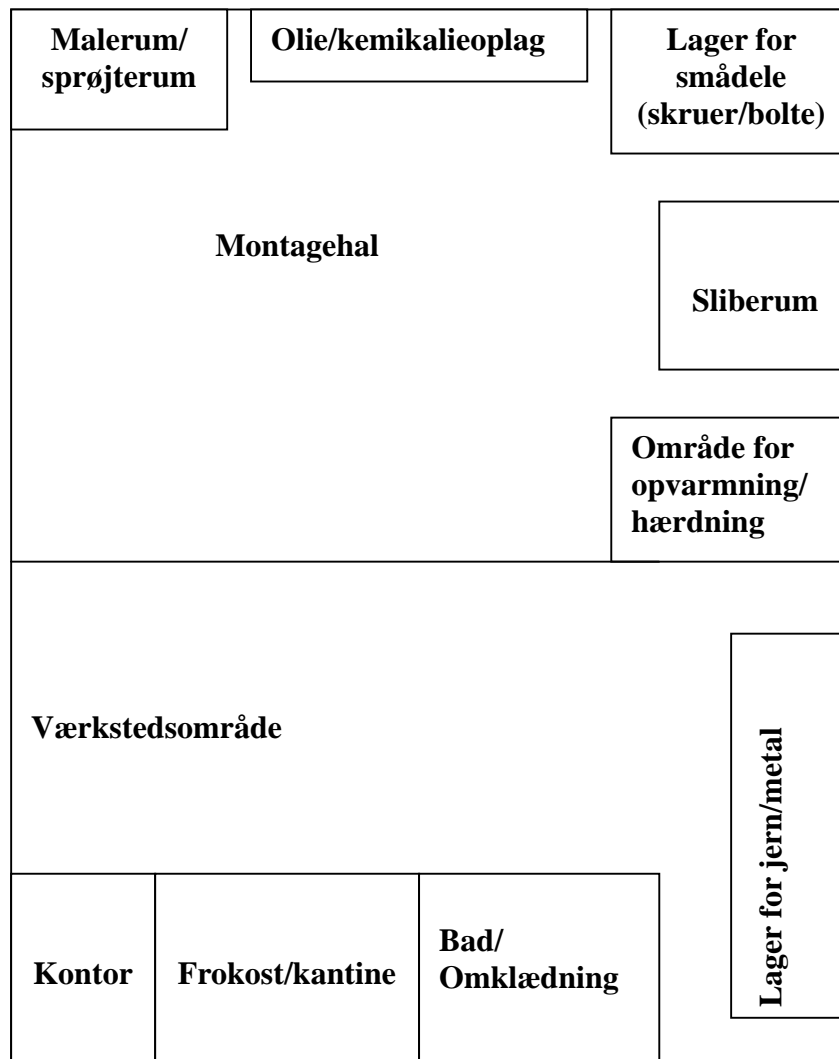
Maskinværkstedet/maskinfabrikken: Indretningen på en maskinfabrik har overordnet været opdelt i en produktionshal, et lagerareal og område for administration, herunder kontor, frokoststue/kantine, badeafdeling mv., jf. figur 4.3.

Maskinerne kan være opstillet i forskellige rum eller bag afskærmning for f.eks. svejsning, skæring, sandblæsning mv. af hensyn til støj, støv og røg.

I begyndelsen af det 18. århundrede blev maskinerne opstillet i den rækkefølge, som de blev indkøbt, og hvor der var plads. Senere blev der effektiviseret ved at tænke produktionsforløb og procesgennemgangen ind i opstillingen og rækkefølgen af de anvendte maskiner. Denne effektivisering blev efterfulgt af en stigende anvendelse af kemikalier f.eks. hurtigtørrende maling mv.

Produktionshallen kan have været opdelt i områder for:

- Maskinværksted
- Pladeværksted
- Montageområde
- Smedeværksted
- Svejsesafdeling
- Ovne til hærkning
- Afdeling for sandblæsning og evt. slyngrensning
- Rum for maling og lakering, evt. i selvstændig sprøjtekabine
- Affedtnings-/afrensningssted
- Overfladebehandlingsafdeling (typisk galvanisering og varmforzinkning)
- Lager for olie, kemikalier, maling mv.
- Lager for jern og stål (rør, stænger og plader). I nyere tid er lageret meget begrænset, da levering af jern og stål sker fra dag til dag
- Lager for smådele, søm, skruer, bolte, møtrikker mv.
- Lager for færdigvarer.



Figur 4.3 Eksempel på indretning af maskinværksted/maskinfabrik.

Udendørs kan der have været følgende aktiviteter:

- Lager af jern-/metal (råvarer, halv-/helfabrikata, affald)
- Opbevarings- og aftapningsplads for olie og kemikalier (råvarer, affald)
- Plads for affedtning og afrensning af metalemner
- Kloakker, herunder evt. sivebrønde, olieudskiller
- Nedgravede eller fritstående olie-/kemikalietanke
- Afdrypningsplads for metalspåner og metalemner
- Vaskeplads med tilhørende sandfang/olieudskiller
- Opbevaringsplads for ilt og gas
- Udendørs oplagsplads for halv- og helfabrikata.

I nyere tid er lageret for jern og metal meget begrænset, da levering kan ske fra dag til dag.

Som energi- og opvarmningskilde anvendtes tidligere kul/koks og spildolie. Senere er man gået over til olie, el og naturgas.

4.3 Arbejdsmetoder og miljøbelastning

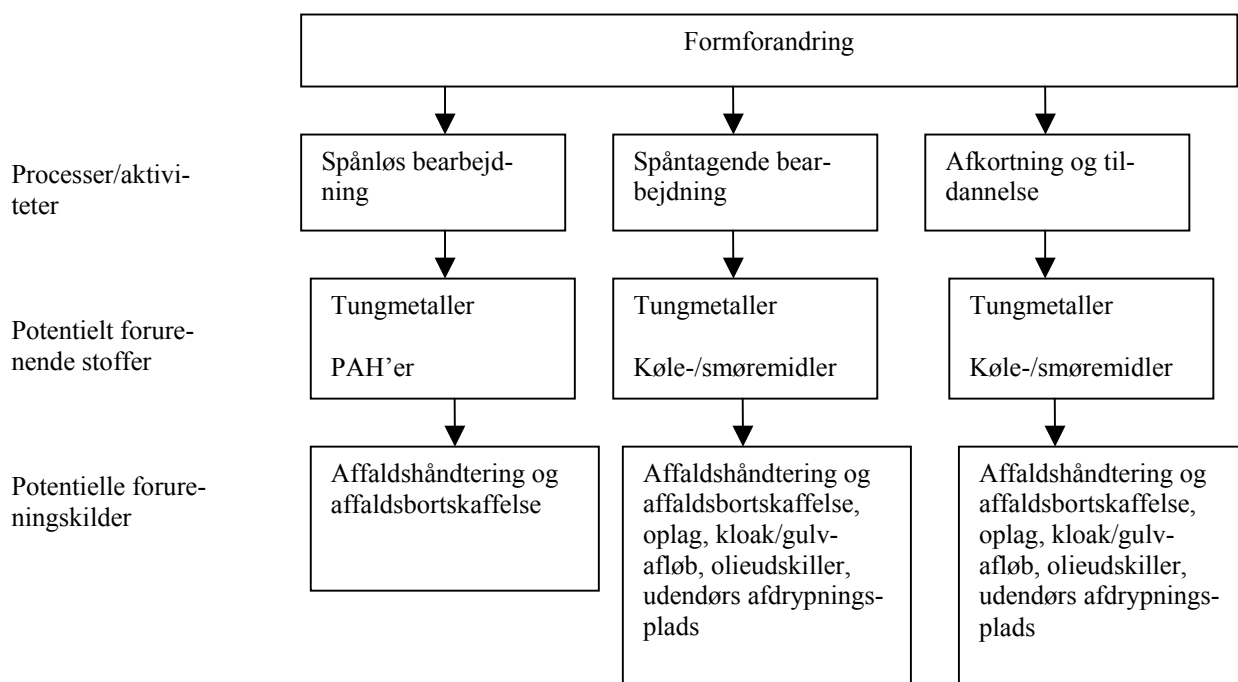
I de følgende afsnit beskrives de enkelte processer samt den dertil relaterede miljøbelastning i forhold til evt. jord- og grundvandsforurening. De enkelte hovedprocesser beskrives hver for sig, idet der er stor forskel på miljøbelastningen.

De anvendte kemikalier omtales i dette kapitel enten som stoffer eller stofgrupper. En nærmere udspecificering findes i kapitel 5.

I nyere tid er der gennemført mange miljøtiltag for at minimere miljøbelastningen både i forhold til det ydre og det indre miljø. I forbindelse med det ydre miljø er der specielt taget hånd om opbevaringen af opløsningsmidler, maling mv., ligesom der er større krav til affaldsopbevaringen og bortskaffelsen. For at forbedre arbejdsmiljøet er der f.eks. installeret ventilation og luftudsugning i produktionshallen og punktudsugning ved de enkelte maskiner og i sprøjtekarabinen. Herudover er der etableret luftafkast med tilhørende filter til opsamling af støv, opløsningsmidler, maling mv.

4.3.1 Formforandrende processer

Formforandrende processer omfatter alle de arbejdsgange, der kan anvendes til ændring af størrelse og form på metal. Figur 4.4 viser en oversigt over arbejdsmetoder, de potentielt forurenende stoffer samt potentielle kildetyper i forbindelse med formforandring.



Figur 4.4 Oversigt over arbejdsmetoder, potentielt forurenende stoffer samt potentielle forureningskilder ved formforandring.

De formforandrende processer foregår ved en lang række forskellige manuelle, mekaniske og termiske påvirkninger af metalemnet, hvilket fremgår af tabel 4.1.

De formforandrende processer kan opdeles i spånløs bearbejdning, spåntagende bearbejdning og afkortning/tildannelse.

Arbejdsmetoder - Spånløs bearbejdning

Spånløs bearbejdning omfatter de processer, hvor der ikke fjernes materiale fra det emne, man arbejder på.

Her skelnes mellem manuelle/mekaniske processer, som foregår, mens emnet er koldt (klipning, bukning, valsning, retning, lokning og stansning) og termiske processer, hvor emnet er opvarmet (varmretning, varmbukning og smedning).

Metallet opvarmes ved hjælp af gasbrænder eller i ovn eller esse.

I gasbrænderen anvendes enten acetylen, metan/naturgas eller propan/flaskegas.

Miljøbelastning – Spånløs bearbejdning

De processer, der foregår, mens emnet er koldt, vurderes ikke at medføre nogen miljøbelastning.

De processer, der foregår, mens emnet er varmt (varmretning og varmbukning), vurderes alene at påvirke arbejdsmiljøet i forbindelse med opvarmning med gasbrændere og de dertil anvendte gasser, idet der kan udvikles nitrose gasser, som er giftige ved indånding.

Som led i smedningen dannes kulslagge i forbindelse med opvarmning ved essen. Ved smedning er der efterfølgende behov for at fjerne glødeskaller af det bearbejdede emne. Det sker ved, at de slås af eller ved en efterfølgende blæsning med sand eller stål eller ved slyngrensning. Glødeskallerne indeholder samme metaller som det metal, der bearbejdes.

Hvis der har været udendørs oplag af affald eller deponeringer af affald i jorden, vil der således være risiko for påvirkning af jorden med metaller, afhængig af hvilke metaller der forarbejdes, og tjærekomponenter (PAH'er) fra selve smedningen.

Arbejdsmetoder - Spåntagende bearbejdning

Spåntagende bearbejdning omfatter de processer, hvor der fjernes materiale fra det emne, der arbejdes på, f.eks. spåner og støv.

Under spåntagende bearbejdning er de væsentligste former for bearbejdning: Mejsling, savning, filning, slibning, boring, drejning, fræsning, skæring, rivning og gevindskæring.

I dag foregår de fleste af disse bearbejdningsformer ved hjælp af maskiner, men tidligere foregik de manuelt.

Ved den mekaniske bearbejdning anvendes køle-/smøremidler til smøring og nedkøling af metallet der, hvor det bearbejdes.

Køle- og smøremidler: De mest anvendte køle-/smøremidler, og i forureningsmæssig sammenhæng mest relevante midler, er de rene mineralolier, emulsioner af mineralolier samt de syntetiske væsker /2/.

Anvendelsen af især de oliebaseerede køle-/smøremidler steg i takt med indførelsen af maskiner og hermed f.eks. en større dreje- eller skærehastighed.

Køle-/smøremidlerne kan opdeles i vandblandbare og ikke vandblandbare væsketyper. Indholdsstofferne i køle-/smøremidler kan inddeles i hovedkomponenter samt en række additiver. I kap. 5, tabel 5.2, er der givet en oversigt over hovedkomponenter og additiver i forskellige køle-/smøremidler.

Før 2. Verdenskrig var de rene mineralolier de mest anvendte køle-/smøremidler. De indeholder en blanding af flydende carbonhydrider med et varierende aromatindhold (fra 1-30 %). Herudover indeholder de chlorerede paraffiner, frit svovl og svovlbehandlede olier.

Efter 2. Verdenskrig er emulsioner af mineralolier de mest anvendte med et mineralolieindhold på mere end 50 %. Midlet fortyndes med vand. Som additiv blev tilsat biocider, og fra 1945/50 til ca. 1980 chlorphenoler /2/.

Siden 1960-70'erne er de syntetiske køle-/smøremidler især anvendt. De indeholder ikke mineralolie, men består af vand som hovedkomponent tilsat bl.a. korrosionsinhibitorer og biocider /2/.

Køle-/smøremidler, især de vandholdige, kan indeholde metaller i partikelform, optaget fra værktøjet eller det bearbejdede emne /2/.

Miljøbelastning – Spåntagende bearbejdning

Som affaldsprodukt fra processerne indenfor spåntagende bearbejdning dannes metalstøv og metalspåner, der er tungmetalholdige. Hvis der har været udenørs oplag af affald eller deponeringer af affald i jorden, vil der være risiko for påvirkning af jorden med tungmetaller fra metalstøv, metalspåner og gulvaffald.

En del af metalaffaldet vil være indsmurt i køle-/smøremidler. Der kan ske miljøbelastning af jorden i forbindelse med affaldshåndtering og affaldsbortskaffelse af metalaffald indsmurt i køle-/smøremidler.

På nogle virksomheder er der indrettet en afdrypningsplads for metalemner, spåner og støv. Der vil kunne ske miljøbelastning af jorden ved disse pladser.

Arbejdsmetoder - Afkortning og tildannelse

Afkortning og tildannelse omfatter mekanisk skæring og vandstråleskæring samt termiske processer (flammeskæring, plasmaskæring og laserskæring) /3/.

Mekanisk skæring kan være spåntagende forarbejdning i f.eks. en maskinsav, eller ved at to skærende kanter føres tæt forbi hinanden /3/. Ved mekanisk skæring af emnet påsprøjtes køle-/smøremiddel ved skærestedet, og der dannes restprodukter i form af metalstøv eller metalspåner.

Ved vandstråleskæring gennemskæres metalemnet ved hjælp af en tynd vandstråle ofte tilsat sand i skærestrålen. Ved vandstråleskæring sker der ingen opvarmning af emnet som ved mange af de andre skæreprocesser. Ved vandstråleskæring dannes metalstøv, som opsamles i skærevandet /3/.

Ved termisk skæring skæres metalemnet ved hjælp af varme. Skæringen kan ske ved forbrænding af materialet i en stråle af ren oxygen, f.eks. flammeskæ-

ring. Skæringen kan også ske ved, at materialet udsættes for en stråle med en høj temperatur, som smelter og blæser materialet væk som ved plasmaskæring eller laserskæring /3/.

Plasma er en luftart, der er tilført energi. Energien udløses på emnet med temperaturer på op til 20.000 °C. Emnet smelter og blæses væk af plasmastrålen, der brænder med flere gange lydets hastighed. Plasmaskæring resulterer i en konisk spalte, der ofte er bredere end ved flammeskæring. Den varmepåvirkede zone er relativt smal og forårsager kun små deformationer /3/.

Ved laserskæring skæres ved hjælp af en lyskilde/-stråle.

Ved de termiske skæreprocesser dannes metalstøv, der henligger som ”metalfnuller” ved arbejdspladsen. Der er ingen anvendelse af køle-/smøremidler.

Miljøbelastning – Afkortning og tildannelse

Som affaldsprodukt fra afkortning og tildannelse dannes metalstøv og metal-spåner, der er tungmetalloidige. Hvis der har været udendørs oplag af affald eller deponeringer af affald i jorden, vil der være risiko for påvirkning af jorden med tungmetaller fra metalstøv, metalspåner og gulvaffald.

En del af metalaffaldet vil være indsmurt i køle-/smøremidler. Der kan ske miljøbelastning i forbindelse med affaldshåndtering og affaldsbortskaffelse af metalaffald indsmurt i køle-/smøremidler.

Ved anvendelse af vandstråleskæring kan udledning af vand med metalpartikler medføre en påvirkning af jord- og grundvandsmiljøet.

På nogle virksomheder er der indrettet en afdrypningsplads for metalemner, spåner og støv. Der vil kunne ske miljøbelastning af jorden ved disse pladser.

4.3.2 Afrensning og affedtning

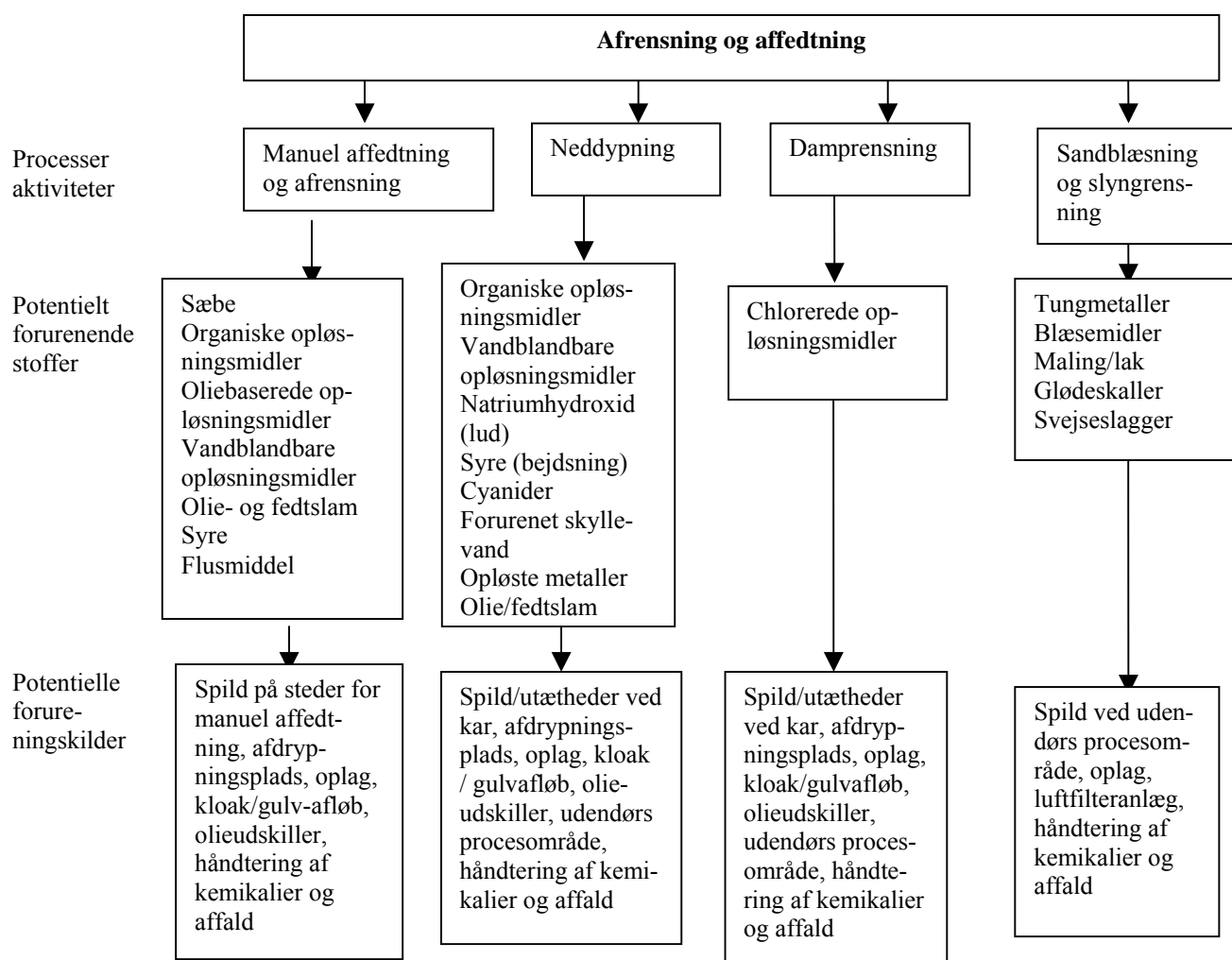
Der foretages afrensning og affedtning af de metalemner, der repareres og fremstilles, og af det produktionsudstyr (værktøj og maskiner), der anvendes. Maskinvedligeholdelse og -rensning behandles i et selvstændigt afsnit.

Metalaffedtning foregår flere forskellige steder i og mellem processerne på en maskinfabrik og et smede- og maskinværksted enten som manuel afrensning/affedtning, ved anvendelse af trykluft eller ved neddykning i kar eller beholder.

Affedtningen gennemføres for at fjerne alle typer snavs, herunder fedt og olie. De behandlede metalemner bliver i forbindelse med flere af processerne smurt ind i f.eks. skæreolie eller et beskyttende lag fedt.

Afrensning foregår for at fjerne f.eks. maling og lak, svejseslagger eller forud for en evt. overfladebehandling eller lodning. Forud for lodning skal grundmetallet f.eks. være metallisk rent. Hertil anvendes et flusmiddel, der er lavet af harpiks og syre. Flusmidlet opløser oxider, hindrer dannelsen af nye oxider og virker som temperaturindikator /3/. Der anvendes forskellige typer af flusmiddel afhængig af det grundmetal, der skal loddet. Brugen af flusmiddel vurderes ikke at udgøre nogen nævneværdig kilde til jord og grundvandsforurening /3/.

I dette afsnit gennemgås affedtningsmetoderne: Manuel affedtning og afrensning, neddykning i kar eller beholder og damprensning. Herudover gennemgås afrensningsmetoderne sandblæsning og slyngrensning.



Figur 4.5 Oversigt over arbejdsmetoder, potentielt forurenende stoffer/produkter samt potentielle forureningskilder ved afrensning og affedtning.

Af figur 4.5 fremgår de enkelte processer i forbindelse med affedtning og afrensning.

I det følgende er de enkelte processer beskrevet.

Arbejdsmetoder - Manuel afrensning og affedtning

Manuel afrensning og affedtning udføres med børste, pensel eller klud, hvor midlet i spand, dunk, spray mv. transporteres rundt til de emner, der skal afrenses/affedtes. Affedtning kan også foretages ved hjælp af en trykløftpistol, hvor opløsningsmidlet forstøves.

Til at opløse fedt og olierester kan der være anvendt sæbe, cellulosefortynder, mineralsk terpentiner, petroleum, sprit, rensebenzin, chlorerede opløsningsmidler (trichlorethylen), cyanider mv.

De organiske opløsningsmidler har været anvendt siden starten af det 20. århundrede. Anvendelsen har været udbredt indenfor hele jern- og metalindustrien.

Miljøbelastning - Manuel afrensning og affedtning

Afrensning og affedtning kan give forurening med de anvendte stoffer i forbindelse med spild på gulv eller ved afdrypning af emner, og der kan forekomme spild til kloak/gulv afløb. Herudover kan der ske miljøbelastning i forbindelse med oplag af rense-/affedtningsmidler og i forbindelse med affaldshåndtering og affaldsbortskaffelse.

Der kan være foregået afbrænding af klude indeholdende affedtningsmiddel og rester af olie og fedt. Denne aktivitet vurderes dog ikke at give anledning til jord- og grundvandsforurening.

Arbejdsmetoder - Neddypning

Affedtning og afrensning er også foregået ved neddypning i kar eller beholdere indeholdende forskellige kemikalier.

Neddypningsprocessen finder anvendelse overalt i maskinbranchen.

Til affedtning er der anvendt forskellige typer kemikalier. Fælles for processerne er, at affedtningen finder sted i stationære kar eller vaskeskabe, hvor emnerne placeres og eventuelt behandles ved spuling eller børstning /2/.

Efter neddypning i ”procesbadet” neddyppes emnet ofte i et eller flere vandbade til neutralisering.

De benyttede affedtningsmidler kan være:

- Chlorerede, oliebaseerede eller vandblandbare opløsningsmidler
- Neutrale eller svagt basiske vandbaseerede affedtningsmidler, herunder detergenter
- Ludkogning med stærkt basiske affedtningsmidler, f.eks. natriumhydroxid
- Bejdsning ved neddykning i syre – oftest saltsyre /2/.

Affedtning med chlorerede opløsningsmidler i kar, også kaldet tri-affedtning, har været meget anvendt siden starten af det 20. århundrede. Metoden forekommer stadig, dog i mindre udbredt grad og under mere kontrollerede forhold /2/. Affedtning foretages med trichlorethylen som det mest anvendte opløsningsmiddel. Derudover anvendes tetrachlorethylen, dichlormethan og trichlorethan. Trichlorethan har i løbet af de sidste 10-15 år i stor udstrækning erstattet trichlorethylen og anvendes særligt i anlæg af mindre størrelse.

De neutrale eller svagt basiske bade har oftest indeholdt sæbeopløsninger.

Historisk set er ludkogning den ældste form for affedtning. Den anvendes især til grovrensning af større emner. Ved ludkogning anvendes der en stærk base (lud), som f.eks. natriumhydroxid. Processen tager fra 24 - 48 timer for en fuldstændig effekt. Ludkogning efterfølges oftest af en elektrolytisk finaffedtning ved hjælp af natriumhydroxid (ætsnatron). Ludkogning kombineret med elektrolytisk finaffedtning er i dag den mest udbredte affedtningsmetode /6/.

Ved bejdsning neddyppes metalemnet i syre – oftest saltsyre. Ved bejdsning fjernes glødeskaller, svejdeslagger og lignende metalliske urenheder fra emnerne. Herudover er formålet med bejdsning at gøre emnerne modtagelige for efterfølgende processer. Afrensning ved hjælp af syre er primært forekommet ved afrensning af rustfrit stål. De sidste 25 år kan bejdsen ligeledes være påført som en pasta.

Fælles for neddykningsprocesserne er, at emnerne, oftest efter afdrypning, dyppes i vandbad til afvaskning og neutralisering af de anvendte affedtningsmidler.

Miljøbelastning - Neddykning

Affedtning og afrensning ved neddykning kan give forurening med den væske, emnerne afrenses i, f.eks. organiske opløsningsmidler, vandblandbare affedtningsmidler, natriumhydroxid (lud), syre og cyanider ved spild i forbindelse med fyldning, tømning og utætheder i kar, ved afdryp fra behandlede emner, ved spild til kloak/gulv afløb og ved udledning af skyllevand indeholdende rester fra procesbadet. Der hvor affedtningsaktiviteterne er foregået udendørs, kan der ligeledes være sket spild direkte til jorden og eventuelt til kloak.

I forbindelse med oplag af affedtningsmidler og i forbindelse med affaldshåndtering og affaldsbortskaffelse kan der være udhældt eller nedgravet rester af olie-/fedtslam samt rester af afrensede metaller i forbindelse med tømning og rensning af affedtningsanlægget og brugte rensesvæsker.

Spild af syre til kloak kan medføre tæring i kloak og tilhørende brønde, således at der sker en udsivning af kloakvand.

På gamle virksomheder findes eksempler på bundløse kloakker og brønde, specielt i de tilfælde hvor der er sket en systematisk udledning af unneutraliseret syre eller syreholdigt skyllevand. Syren og skyllevandet vil indeholde rester af de metaller, der er afrenset med syren /6/. Lav eller høj pH-værdi i jordmiljøet vil mobilisere eventuelle metaller i jorden.

Arbejdsmetode - Damprensning

Damprensning udvikledes i begyndelsen af det 20. århundrede, og foregår i åbne eller lukkede anlæg, hvor et opløsningsmiddel bringes til kogepunktet. Affedtningen foregår i dampzonen over væskeoverfladen. Der spules eventuelt med rent opløsningsmiddel. Som opløsningsmiddel benyttes chlorerede opløsningsmidler. Anlægget, der bruges til dampaffedtning, benævnes ofte trikar eller trianlæg.

Anlæggene har kølezone, således at opløsningsmidlet i et vist omfang recirkuleres. I nyere tid er anlæggene udstyret med aktivt kulfilter. Eventuelt vand udskilles i vandudskiller. Dampaffedtning anvendes indenfor alle grene af maskinbranchen.

Dampaffedtning foretages med trichlorethylen som det mest anvendte opløsningsmiddel. Derudover anvendes tetrachlorethylen, dichlormethan og trichlorethan. Trichlorethan har i løbet af de sidste 10-15 år i stor udstrækning erstattet trichlorethylen og anvendes særligt i anlæg af mindre størrelse.

Miljøbelastning - Damprensning

Affedtning og afrensning ved damprensning kan give forurening med den væske, emnerne afrenses i ved spild i forbindelse med fyldning, tømning og utætheder i kar, ved afdryp fra behandlede emner, ved spild til kloak/gulvafløb, ved udledning af skyllevand indeholdende rester fra procesbadet.

Der hvor affedtningsaktiviteterne er foregået udendørs, kan der ligeledes være sket spild til jorden og eventuelt til kloak.

I forbindelse med oplag af affedtningsmidler og i forbindelse med affaldshåndtering og affaldsbortskaffelse kan der være udhældt eller nedgravet rester af olie-/fedtslam samt rester af afrensede metaller i forbindelse med tømning og rensning af affedtningsanlægget og brugte rensesøer.

Arbejdsmetode - Sandblæsning og slyngrensning

Blæsning med f.eks. sand og slyngrensning anvendes til at afrense en metallisk overflade for f.eks. glødeskaller, svejseslagger, overflødig støbemateriale eller maling/lak mv. Processen foregår ved, at et rensmiddel med stor kraft blæses

mod emnet ved hjælp af trykluft. Slyngrensning foregår i lukkede anlæg, hvor rensmidler fremføres med hurtigt roterende skovle.

Blæsning kan foregå udendørs i en stor kabine eller i et blæseskab/blæsekasse, hvor sidstnævnte er det mest almindelige /2/.

Der anvendes forskellige typer blæse-/rensemidler til processerne. Tidligere har mineralske engangsblæsemidler (kvarssand, kobberslagge, stålsand og kulslagge) været de mest almindelige, men gennem årene har en række andre blæsemidler overtaget markedet. Dette skyldes, at de mineralske blæsemidler pulveriserer ved kontakten til metaloverfladen, hvorfor de frembringer unødigt meget støv i forhold til alternative midler. Den megen støv har især været et problem for arbejdsmiljøet. Desuden medfører pulveriseringen, at blæsemidlet kun kan bruges én gang, hvorefter det skal bortskaffes til deponering /6/.

I takt med de øgede afgifter ved deponering af engangsblæsemidler er de dyre, men genanvendelige midler, blevet konkurrencedygtige. De genanvendelige midler er oftest baseret på metaller som f.eks. jern, stål og aluminium, men også glassand og glaskugler ses anvendt /6/.

Miljøbelastning – Sandblæsning og slyngrensning

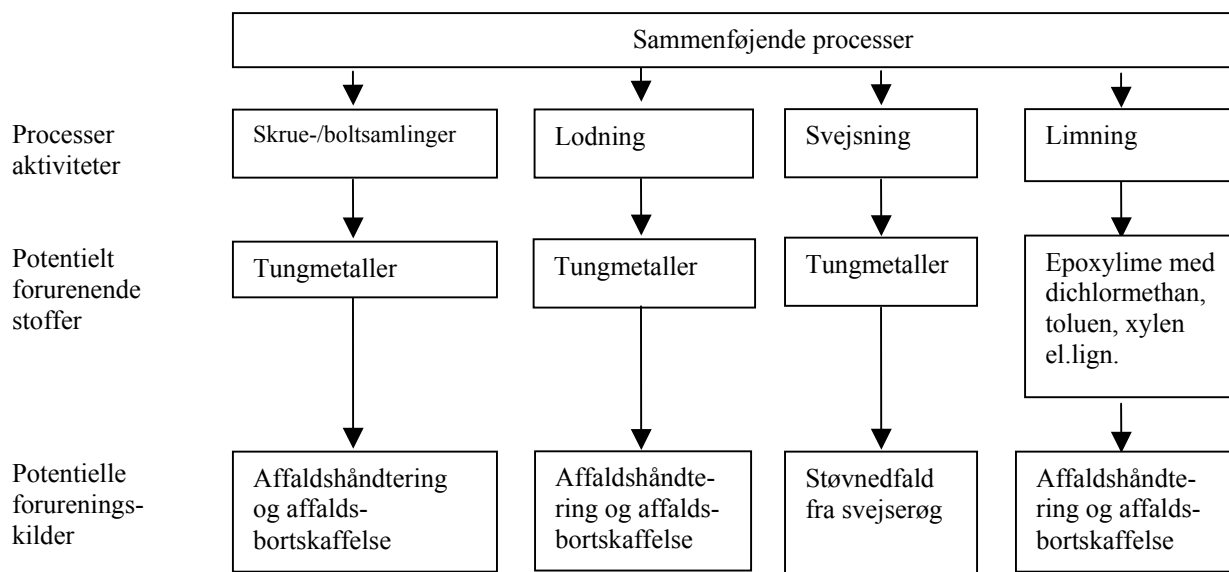
Miljøbelastningen fra blæsning og slyngrensning forekommer ved udslip og bortskaffelse af rensmiddel og støv, der fremkommer under processen. Støvet indeholder primært det, der renses af metalemnerne, herunder metaloxider, maling og lakrester, diverse pigmenter som f.eks. bly- og zinkchromat og pulveriseret blæsemiddel, bl.a. kobberslagge, stålsand, kulslagge /6/.

Der vil derfor kunne findes forhøjede indhold af tungmetaller på udendørs arealer, hvor der er sandblæst, og på ubefæstede indendørs arealer. Endvidere kan der konstateres metaller udendørs i nærheden af luftudsugning, hvor der ikke altid har været monteret filter, eller hvis der har været utætheder omkring filtre.

I forbindelse med affaldshåndtering og affaldsbortskaffelse kan der være foretaget deponering eller midlertidig deponering af brugt blæsemiddel udendørs, herunder eventuel nedgravning. Desuden kan der være spild udendørs fra tømnings af blæsemaskiner eller filtre.

4.3.3 Sammenføjningsprocesser

De sammenføjnende processer kan inddeles i hhv. skrue-/boltsamling, lodning, svejsning og limning jf. figur 4.6.



Figur 4.6 Oversigt over arbejdsmetoder, potentielt forurenende stoffer/produkter samt potentielle forureningskilder ved de sammenføjende processer.

I det følgende er de enkelte processer beskrevet.

Arbejdsmetode - Skrue-/boltsamlinger

Skrue-/boltsamlinger og nitning anvendes ofte, hvor metalemnerne efterfølgende skal kunne skilles ad – uden at tage skade, som de eksempelvis vil gøre, hvis emner er svejset eller loddet sammen.

Forud for isætning af skruer eller bolte vil der ofte blive boret for.

Miljøbelastning – Skrue-/boltsamlinger

Skrue-/boltsamlinger vurderes ikke at udgøre nogen risiko for forurening af jord og grundvand.

Ved forboring af metalemnerne vil der opstå metalstøv/-spåner, der typisk vil fjernes ved den efterfølgende rengøring – enten med vaskevand eller som fast affald. Mængden vurderes dog at være meget begrænset.

Arbejdsmetode - Lodning

Lodning udføres ved en række forskellige metoder og under anvendelse af et stort antal kemiske stoffer. Loddeprocessen består en sammenføjning af metaldele, hvor et materiale (loddet) med et lavere smeltepunkt end grundmaterialerne anbringes mellem de emner, der skal sammenføjnes. Forud for loddepro-

cessen skal emnet affedtes og afrensnes ved flusning /2/.

Hvad angår indholdsstofferne i lodning, kan man skelne mellem blød- og hårdlodning. Blødlodning foregår ved temperaturer under 450° C, mens hårdlodning foregår ved temperaturer fra 450° C til 900° C. Blødlodning anvendes til sammenføjning af elektriske ledninger og trykte kredsløb samt blandt andet dåser, kølere og rørinstallationer. Hårdlodning anvendes eksempelvis, hvor større styrke og varmebestandighed er påkrævet /2/.

Til lodning anvendes forskellige lodtyper, afhængig af det metalemne der skal loddes, den brudstyrke samlingen skal have, den driftstemperatur det færdige emne skal fungere i og i nogle tilfælde den farve, som samlingen skal have. De forskellige lodtypers hovedbestanddel eller legeringer kan f.eks. være sølv, messing, kobber, tin, bly, zink, fosfor og aluminium /3/.

Miljøbelastning - Lodning

Lodning vurderes ikke at udgøre nogen væsentlig risiko for forurening af jord og grundvand, da spildet og affaldsmængden er meget lille.

Indholdsstoffer/forureningskomponenter ved lodning er de metaller, som det anvendte lod indeholder, samt flusmiddel /2, 3/. Loddetin indeholder ca. 40 % bly og ca. 60 % tin /45/. Som flusmiddel findes der ikke et enkelt universal-middel, men der benyttes forskellige flusmidler afhængig af det grundmateriale, der skal loddes. Flusmiddel består typisk af harpiks og syre /45/.

Lodning kan også være medvirkende til forurening af selve den bygning, hvori processerne har fundet/finder sted. Der findes ikke undersøgelser af denne type forurening. Forurening af bygningsdele kan ske som følge af fordampning af lodde- og flusmiddel samt eventuelt af selve metalemnerne under sammenføjningen. Forurening af jord og grundvand kan finde sted i forbindelse med bortskaffelse af brugte flusbade eller bade til fjernelse af flusmiddelrester. Til fjernelse af harpiksholdige flusmiddelrester benyttes hovedsageligt chlorerede opløsningsmidler eller freon 113 i blanding med methanol /2/.

Arbejdsmetode - Svejsning

Ved svejsning sammensmeltes metalemner ved meget høj temperatur. Forud for og efter svejsningen kan der foretages en affedtning af emnerne, og efter sammensvejsning kan emnet overfladebehandles /2/.

Under selve svejseprocessen dannes svejserøg bestående af partikler og gasser af de anvendte grundmaterialer og svejseelektroder samt eventuelt rester af overfladebelægning. Indholdsstofferne i svejserøg kan eksempelvis være jernoxid, bly, cadmium, kobber, chrom, fluor, zink, antimon, arsen samt mindre mængder nikkel, molybdæn, zirkonium og vanadium /2/.

Miljøbelastning - Svejsning

Svejsning vurderes ikke at udgøre nogen væsentlig risiko for forurening af jord og grundvand, da spildet og affaldsmængden er meget lille.

Svejserøgen med dens indhold af partikler og gasser vil blive udledt til udeluft via aftræk, åbne vinduer og døre. Endvidere kan røgen sætte sig på indvendige og udvendige bygningsdele. Forurening af bygningsdele kan være sket, men der findes ikke nogen konkrete undersøgelser af forholdene /2/.

Jordforurening fra svejseprocesser vil typisk fremtræde som svag, diffus forurening af de øverste jordlag omkring virksomheden /2/.

Arbejdsmetode - Limning

Limning er en forholdsvis ny sammenføjningsproces indenfor jern- og metalindustrien, og generelt vurderes det, at denne teknik ikke har en særlig stor udbredelse indenfor branchen.

Limning anvendes hovedsageligt til sammenføjning af aluminiumsemner samt til sammenføjning af plast med metal /2/.

Miljøbelastning - Limning

Limeprocessen vurderes ikke at udgøre nogen nævneværdig forureningsrisiko i forhold til jord og grundvand. Der vil naturligvis være en vis risiko i forbindelse med bortskaffelse af tømte limbeholdere. Hovedrisikoen ligger i den nødvendige forudgående affedtning, som er behandlet i tidligere afsnit /2/.

De anvendte lime er gerne epoxylime med methylenchlorid, toluen, xylen el. lign. organisk opløsningsmiddel /2/.

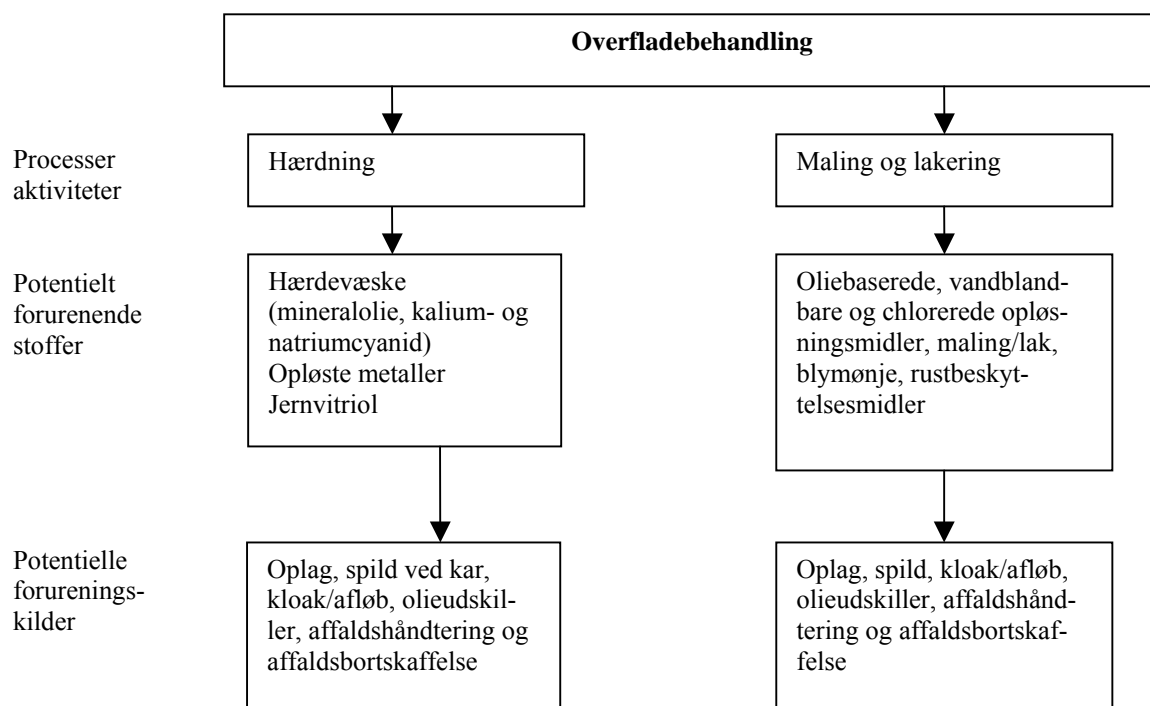
4.3.4 Overfladebehandling

På maskinfabriker og smede- og maskinværksteder er der sket overfladebehandling i form af maling og lakering af egne produkter og i forbindelse med reparation og vedligeholdelse. Herudover er der udført forskellige former for hærkning.

I det følgende er de enkelte processer beskrevet.

Overfladebehandlingsmetoderne galvanisering og varmforzinkning er anvendt på maskinfabriker og større maskinværksteder. For en beskrivelse af disse processer og deres mulige miljøbelastning henvises til /2, 6/.

De overfladebehandlende processer, der beskrives i det følgende, er vist i figur 4.7.



Figur 4.7 Oversigt over arbejdsmetoder, potentielt forurenende stoffer/produkter samt potentielle forureningskilder ved overfladebehandling.

Arbejdsmetode - Hærdning

Hærdning af jern- og stålemner er med til at give emnet en ekstra hårdhed, hvilket er relevant for sliddele, plovskær, skærende værktøj, aksler mv. Hærdningen bevirker, at metallet lettere rustner. De forskellige metoder kan overordnet inddeles i hærdning og indsætning og efterfølgende anløbning. Hærdning er en gammel smedeteknik, hvor jernemnet opvarmes til ca. 900 °C, og derefter afkøles ved dykning i en hærdevæske, f.eks. vand eller svovlsyre /2/.

Efter hærdningen skylles emnerne i vandbade.

Indsætning er en hærdemetode, hvor emnet overfladeberiges med kulstof, nitrogen eller bor. Indsætningen kan udføres ved hjælp af enten et fast, flydende eller gasformigt medium, f.eks. kalium- og natriumcyanid og bariumchlorid /2/.

For at formindske de spændinger der opstår i emnet ved hærdningen, efterfølges der ofte med en såkaldt anløbning, hvor emnet genopvarmes i olie eller eventuelt afbrændes efter neddykning i olie. Neddykning i olie har en rustbeskyttende effekt på emnet /2/.

Miljøbelastning - Hærdning

Hærdning, anløbning og indsætning kan belaste jordmiljøet ved spild og udledning til jord og kloak af kasserede væsker og skyllebade indeholdende syre, olie, opløste metaller og cyanidbade med kalium- og natriumcyanid.

Badene fra hærdeprocessen kan være blevet afgiftet efterfølgende ved tilsætning af jernvitriol/jern(II)sulfat (FeSO_4), hvorved cyanidresten (CN^-) fældes som blåfarvede tungtopløselige jernkomplekser. Barium fældes af sulfationen SO_4^{2-} til det meget tungtopløselige BaSO_4 /2/. Selve afgiftningsprocessen vurderes ikke at medføre yderligere miljørisiko.

Herudover kan der ske miljøbelastning i forbindelse med affaldshåndtering og affaldsbortskaffelse af brugte væsker samt ”bundfald” fra proceskar.

Arbejdsmetode - Maling og lakering

Afhængig af arten og antallet af de emner der skal males eller lakeres, er påføringen enten foregået med pensel, ved påsprøjtning, ved neddykning eller som pulverlakering. Maling og lakering anvendes overfor alle typer af metalemner /2/.

På værkstedsområdet males oftest med pensel. Ved produktion af små serier males med pensel eller ved påsprøjtning i sprøjtekabine. Neddykning og pulverlakering anvendes i virksomheder med masseproduktion /2/.

Maling og lakering er især udbredt som overfladebehandlingsmetode efter 1920. Dengang anvendtes enten oxidationstørrende produkter baseret på naturharpiks eller linolie med mineralsk terpentint som opløsningsmiddel, eller fordampningstørrende produkter baseret på cellulose med opløsningsmidler tilhørende gruppen af estere (isobutylacetat, butylacetat) eller ketoner (acetone, metylethylketon) samt fortyndingsmidler som toluen og xylene /2/.

Efter 2. Verdenskrig er der udviklet en lang række maling- og lakprodukter baseret på kunstig harpiks som f.eks. alkyd, urethan og epoxy og med tilsætning af en lang række forskellige organiske opløsningsmidler og pigmenter. Der er udviklet en række specialprodukter med særlige fysiske, kemiske eller termiske egenskaber. Et særligt kemikaliebestandigt produkt indeholder således bl.a. chlorkautsjuk og PCB, og maling til ovnlakering kan indeholde trichlorethylen /2/.

Ud over anvendelsen af maling og lak har der også været anvendt rustbeskyttelsesmidler. I perioden fra ca. 1920 og frem til i dag har blymønje været anvendt. I perioden efter 2. Verdenskrig er der fremstillet en række nye rustbeskyttelsesmidler /2/.

I branchebeskrivelsen for autolakering findes i bilag 3 en detaljeret gennemgang af komponenter i maling, hvortil der henvises /42/.

Miljøbelastning – Maling og lakering

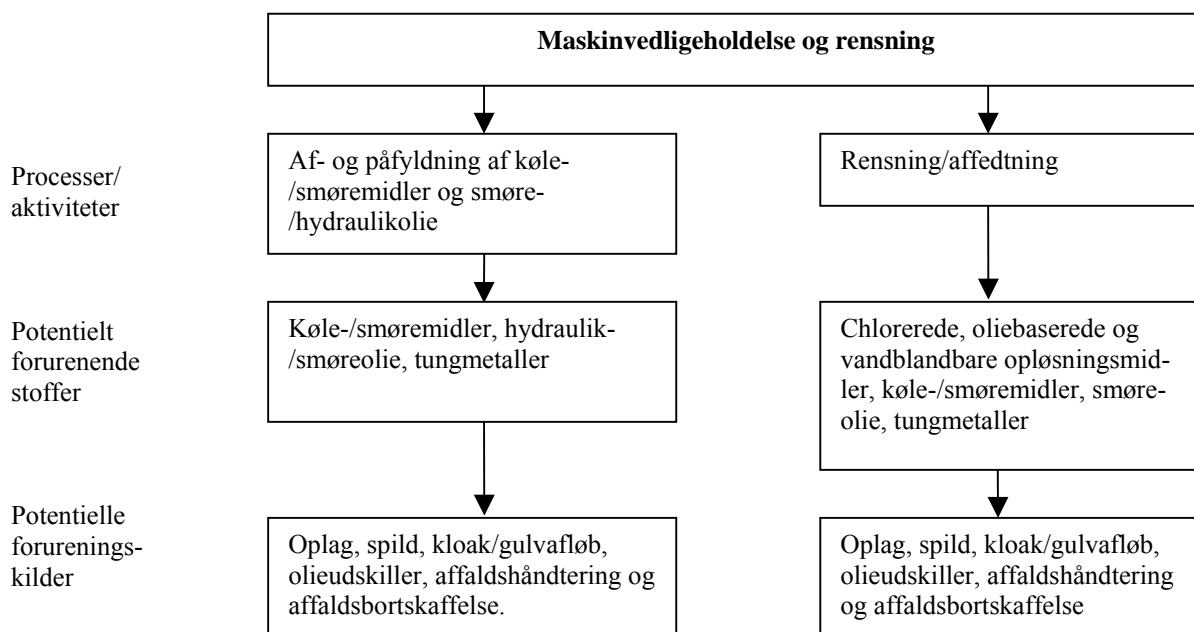
Miljøbelastningen af jordmiljøet i forbindelse med maling og lakering kan ske ved spild indendørs til kloak eller udendørs til jorden i forbindelse med anvendelse og omhældning, samt ved opbevaring og transport. Pulverlakering vurderes ikke at udgøre nogen nævneværdig kilde til jord og grundvandsforurening.

Spild/udledning ved rensning af sprøjtepistol/-anlæg kan ske både til gulv og via afløb til kloak, og hvis rengøring foregår udendørs direkte til jordmiljøet.

Herudover kan der ske miljøbelastning i forbindelse med affaldshåndtering og affaldsbortskaffelse af malingrester og tom emballage.

4.4 Maskinvedligehold og -rensning

Maskiner skal jævnligt vedligeholdes og renses for at kunne fungere. På figur 4.8 er vist en oversigt over arbejdsmetoder, de potentielt forurenende stoffer samt potentielle kildetyper i forbindelse med maskinvedligeholdelse og rensning.



Figur 4.8 Oversigt over arbejdsgange, potentielt forurenende stoffer samt potentielle forureningskilder ved vedligeholdelse og rensning af maskinerne i en maskinfabrik og på et smede- og maskinværksted.

Arbejdsmetoder

Til de fleste maskiner anvendes produkter som hydraulik- og smøreolie. Desuden anvendes køle-/smøremidler i forbindelse med bearbejdning af metalemnerne.

Køle-/smøremidler kan opdeles i vandblandbare og ikke vandblandbare væsketyper.

De hyppigst anvendte køle-/smøremidler, og i forureningsmæssig sammenhæng mest relevante midler, er de rene mineralolier, emulsioner af mineralolier samt syntetiske væsker. En detaljeret gennemgang er givet i /2/.

Køle-/smøremidler indeholder metaller i form af partikler eller spåner optaget fra værktøjet eller det bearbejdede emne, f.eks. zink, kobber, nikkel, kobolt og chrom /6/.

Køle-smøresystemet vil typisk være tilknyttet de enkelte maskiner som et individuelt smøreanlæg med en indbygget tank eller opsamlingsbeholder. Maskinerne rummer typisk mellem 30 og 200 l væske /2/.

Ved anvendelsen af vandbaserede køle-/smøremidler skal væskeerne udskiftes ca. 4 gange om året, og samtidig renses maskinerne med et organisk opløsningsmiddel /2/.

I forbindelse med drift af maskinerne skal olieprodukterne jævnlige skiftes og efterfyldes, ligesom maskinerne skal renses. Til afrensning af maskiner anvendes en lang række opløsningsmidler f.eks. cellulosefortynder, petroleum, mineralsk terpentin og trichlorethylen.

Miljøbelastning

Fra maskinerne kan der ske spild eller udledning til kloak/gulvafløb i forbindelse med opbevaring, påfyldning og aftapning af smøreolie, hydraulikolie eller køle-/smøremidler (oliebaserede eller vandbaserede).

Herudover kan der ske spild eller udledning til kloak/gulvafløb i forbindelse med rensning af maskiner med de anvendte opløsningsmidler, rester af olie og køle-/smøremidler samt metalstøv og -spåner fra de bearbejdede metalemner.

Endvidere kan der ske miljøbelastning i forbindelse med affaldshåndtering og affaldsbortskaffelse af kasseret olie, køle-/smøremidler, opløsningsmidler indeholdende metalstøv og -spåner.

5 Forureningsrisiko

5.1 Oversigt over potentielle forureningskilder

I kapitel 4 er processer, anvendt teknologi og kemikalier samt de potentielle risici for miljøet på maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder gennemgået. I tabel 5.1 er disse opsummeret.

Delprocesser	Kildetyper	Spredningsvej	Forurenende stoffer
Formforandrende processer			
Spånløs bearbejdning	Affaldshåndtering og affaldsbortskaffelse.	Direkte kontakt med forurenede jord. Udvaskning til grundvandet.	Tungmetaller PAH'er
Spåntagende bearbejdning	Affaldshåndtering og affaldsbortskaffelse, oplag, kloak/gulv afløb, olieudskiller, udendørs afdrypningsplads.	Direkte kontakt med forurenede jord. Ned-sivning og udvaskning til grundvandet.	Tungmetaller Køle-/smøremidler
Afkortning og tildannelse	Affaldshåndtering og affaldsbortskaffelse, oplag, kloak/gulv afløb, olieudskiller, udendørs afdrypningsplads.	Direkte kontakt med forurenede jord. Ned-sivning og udvaskning til grundvandet.	Tungmetaller Køle-/smøremidler
Afrensning og affedtning			
Manuel affedtning og afrensning	Spild på steder for manuel affedtning, afdrypningsplads, oplag, kloak/gulv afløb, olieudskiller, affaldshåndtering og affaldsbortskaffelse.	Direkte kontakt med forurenede jord. Ned-sivning og udvaskning til grundvandet. Afdampning fra jord, vand og poreluft til udeluft og indeklime.	Sæbe Organiske opløsningsmidler Oliebaserede opløsningsmidler Vandblandbare opløsningsmidler Olie- og fedtslam Syre Flusmiddel
Neddypning	Spild/utætheder ved kar, afdrypningsplads, oplag, kloak/gulv afløb, olieudskiller, udendørs procesområde, håndtering af kemikalier og affald.	Direkte kontakt med forurenede jord. Ned-sivning og udvaskning til grundvandet. Afdampning fra jord, vand og poreluft til udeluft og indeklime.	Organiske opløsningsmidler Vandblandbare opløsningsmidler Natriumhydroxid (lud) Syre (bejdsning) Cyanider Forurenede skyllevand Opløste metaller Olie/fedtslam
Damprensning	Spild/utætheder ved kar, afdrypningsplads, oplag, kloak/gulv afløb, olieudskiller, udendørs procesområde, håndtering af kemikalier og affald.	Direkte kontakt med forurenede jord. Ned-sivning og udvaskning til grundvandet. Afdampning fra jord, vand og poreluft til udeluft og indeklime.	Chlorerede opløsningsmidler

Delprocesser	Kildetyper	Spredningsvej	Forurenende stoffer
Sandblæsning og slyngrensning	Spild ved udendørs procesområde, oplag, luftfilteranlæg, affaldshåndtering og affaldsbortskaffelse.	Direkte kontakt med forurenede jord. Nedsivning og udvaskning til grundvandet.	Tungmetaller Blæsemidler Maling/lakrester Glødeskaller
Sammenføjningsprocesser			
Skrue- og boltsamlinger	Affaldshåndtering og affaldsbortskaffelse.	Nedsivning og udvaskning til grundvandet.	Tungmetaller
Lodning	Spild, affaldshåndtering og affaldsbortskaffelse.	Nedsivning og udvaskning til grundvandet.	Tungmetaller
Svejsning	Spild, affaldshåndtering og affaldsbortskaffelse.	Nedsivning og udvaskning til grundvandet.	Tungmetaller
Limning	Spild, affaldshåndtering og affaldsbortskaffelse.	Nedsivning og udvaskning til grundvandet.	Epoxylim
Overfladebehandling			
Hærdning	Spild, kloak/gulv afløb, oplag, affaldshåndtering og affaldsbortskaffelse	Direkte kontakt med forurenede jord. Nedsivning og udvaskning til grundvandet.	Hærdevæske Olie Tungmetaller Jernvitriol
Maling/ lake-ring	Spild, kloak/gulv-afløb, oplag, affaldshåndtering og affaldsbortskaffelse.	Direkte kontakt med forurenede jord. Nedsivning og udvaskning til grundvandet. Af-dampning fra jord, vand og poreluft til udeluft og indeklime.	Oliebaserede, vand-blandbare og chlore-rede opløsningsmidler Maling/lak Blymønje Rustbeskyttelsesmidler
Øvrige aktiviteter			
Maskinvedligehold og -rensning	Spild, kloak/gulv afløb, olieudskiller, oplag, affaldshåndtering og affaldsbortskaffelse.	Direkte kontakt med forurenede jord. Nedsivning og udvaskning til grundvandet. Af-dampning fra jord, vand og poreluft til udeluft og indeklime.	Chlorerede, olieba-serede og vand-blandbare opløsningsmidler Køle-/smøremidler Smøreolie Tungmetaller
Olie- og kemikalietanke	Spild i forbindelse med påfyldning, utætheder i tanke og rørføringer.	Direkte kontakt med forurenede jord. Nedsivning og udvaskning til grundvandet. Af-dampning fra jord, vand og poreluft til udeluft og indeklime.	Olie Kemikalier

Tabel 5.1 Opsummering af processer, kilder til forurening, mulige spredningsveje og forurenende stoffer.

5.2 Vurdering af forureningsrisiko

I følgende afsnit er hovedgrupperne af udvalgte stoffer anvendt på maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder beskrevet.

I bilag 2 findes datablade for udvalgte kemiske stoffer. Der er udarbejdet datablade for en række kemiske stoffer. Databladene findes samlet på AVJ's hjemmeside, og er publiceret i /31/.

Generelt er stoffernes fysisk-kemiske egenskaber udgangspunkt for en vurdering af risikoen for at træffe en forurening med stofferne i hhv. jord, grundvand og poreluft.

Stoffer med ringe opløselighed, lavt damptryk og kraftig adsorption/bioakkumulering (høj oktanol-vand fordelingskoefficient, stor molvægt og evt. positive ladninger) vil udvise størst tendens til at blive opkoncentreret i jordmiljøet frem for at udvaskes til grundvand eller fordampe til poreluften. Omvendt vil stoffer med stor vandopløselighed og ringe adsorption udgøre den største risiko for grundvandskvaliteten, mens stoffer med højt damptryk udgør en risiko for poreluftsforurening og dermed risiko for afdampning til indeklimaet i nærliggende bygninger.

De mest hyppigt forekommende forureningskomponenter på maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder er metaller, olieprodukter, opløsningsmidler, herunder både chlorerede, oliebaseerede samt de vandblandbare. Alle former for olieprodukter, fra de meget flygtige (rensebenzin og mineralsk terpentin) til tunge smøreolier og til specielle olieprodukter med særlige egenskaber (hydraulikolie og de letflydende smøreolier), kan være til stede.

Flere af de organiske opløsningsmidler og olier vil være flygtige, og flere vil have en høj vandopløselighed. Især tung olie og smøreolie vil have høj oktanol-vand fordelingskoefficient og adsorbere til jorden.

Stofferne i tabel 5.1 kan opdeles i følgende stofgrupper i henhold til forureningsrisikoen. Opdelingen anvendes i den efterfølgende beskrivelse af stofgrupper:

- Olieprodukter og opløsningsmidler:
 - Rensebenzin, petroleum, mineralsk terpentin, dieselolie, fyringsolie samt destillationsprodukter som benzen, toluen og xylener. PAH'er (polycykliske aromatiske kulbrinter) i diverse produkter.
- Køle-/smøreprodukter:
 - Smøreolie, hydraulikolie, skæreolie, køle-/smøremidler.
- Vandblandbare opløsningsmidler:
 - Cellulosefortynder, 2-propanol, ethanol, butylacetat.

- Chlorerede opløsningsmidler:
 - Tetrachlormethan, trichlormethan, trichlorethylen, tetrachlorethylen, 1,1,1-trichlorethan, Freon 113, dichlormethan.
- Chlorerede kulbrinter:
 - Chlorparaffiner, chlorbenzener, PCB'er.
- Metaller:
 - Chrom, kobber, nikkel, zink, bly og cadmium.
- Uorganiske stoffer:
 - Cyanider (kalium- og natriumcyanid), natriumhydroxid.

Olieprodukter og oliebaseerede opløsningsmidler

Olieprodukter omfatter både destillationsprodukter som rensbenzin, petroleum og diesel, og forskellige kulbrinteblandinger evt. med et smalt destillationsinterval (f.eks. mineralsk terpentin, ekstraktionsbenzin) og egentlige "rene" kulbrinter såsom opløsningsmidler: Benzen, toluen, xylen, hexan og styren. Olieprodukter er også opløsningsmidler, idet de opløser fedt og andre vandskyende organiske molekyler.

Fælles for olieprodukterne er, at de består af forskellige grupper af stoffer med en meget kompleks og varieret sammensætning.

Mange olieprodukter kan være tilsat additiver. Man kan dog generelt definere produkterne efter destillationsintervallet, der for benzin ligger omkring 30-220 °C, for dieselolie (autodiesel) og let fyringsolie omkring 180-380 °C, og for tung fyringsolie omkring 200-500 °C. Benzin og produkter som mineralsk terpentin indeholder en forholdsvis højere procent af aromater end gasolier, f.eks. diesel og fyringsolier.

Olieprodukter har en begrænset vandopløselighed, især de langkædede og fler-ringede PAH'er er svært opløselige i vand. I grundvandet ses derfor hovedsageligt de monoaromatiske forbindelser såsom BTEX'er.

Generelt er massefylden for oliekulbrinter mindre end vand, og ved spild kan der opstå en mobil, fri organisk fase. Olieprodukter er lettere end vand og betegnes LNAPL (Light Non-Aqueous Phase Liquid). Den vertikale spredning i den umættede zone er primært styret af tyngdekraften og kapillarkræfter, kun bremset af fasens viskositet samt jordens permeabilitet og vandindhold. Nedsivning af en fri fase efterlader en zone med fri fase (residual eller tilbageværende fri fase), der er fanget i jordens porer. Oven på vandet dannes et frit lag af olie, som langsomt kan strømme i grundvandets strømningsretning og med tiden, afhængig af variationer i grundvandsspejlet, afsætte sig som residual fase. Flere oliekomponenter opløses ved kontaktfladen mellem vandet og oliefasen, og herefter bevæger de sig med en høj strømningshastighed sammen med grundvandet. Forureningsfanen i grundvandet forsinkes i forhold til

grundvandets strømning af sorption, fordampning og nedbrydning samt dispersion /21/.

Der er stor forskel i nedbrydeligheden af de alifatiske og aromatiske hydrocarboner. De fleste monoaromatiske forbindelser, f.eks. benzen, toluen, ethylbenzen og xylen (BTEX'er), er let nedbrydelige, og generelt gælder det, at de under aerobe betingelser omdannes via visse nedbrydningsprodukter til kuldioxid og vand. Desuden nedbrydes de ligekædede alifatiske kulbrinter, men især de forgrenede og cykliske kulbrinter er kun delvist og langsomt nedbrydelige. Indenfor gruppen af PAH'er regnes forbindelser med 4 benzenringe og derover for mindre nedbrydelige. Det må derfor forventes, at en stor del af disse stoffer vil forblive stort set uforandrede i struktur og koncentration i gamle forureninger.

Olieprodukter kan medføre toksiske effekter på vandlevende organismer og planter, og især fri fase olie er giftigt. Generelt har de fleste oliekomponenter ringe akut giftighed, men de lettere produkter (BTEX'er) påvirker centralnervesystemet, og især benzen anses som problematisk på grund af stoffets kræftfremkaldende effekter.

Polycykliske aromatiske kulbrinter

Polycykliske aromatiske kulbrinter (PAH'er) omfatter kulbrinter med to eller flere aromatiske ringe. I forbindelse med jordforurening er der stor fokus på enkeltstofferne benz(a)pyren og dibenz(a,h)anthracen /18/.

PAH'er er generelt meget persistente i både jord-, vand- og luftmiljøet. PAH'er er karakteriseret ved lille vandopløselighed og lavt damptryk. Dette betyder, at PAH'er generelt er meget lidt flygtige og meget lidt mobile i jord. Generelt gælder dog, at vandopløseligheden og damptrykket falder med stigende antal aromatiske ringe /22/.

PAH'er kan syntetiseres naturligt i vores omgivelser /22/. PAH'er findes endvidere naturligt i råolie. Menneskeskabte processer som ufuldstændig forbrænding af fossilt brændstof, gasproduktion og asfaltproduktion kan medføre spredning af PAH'er til miljøet /22/.

PAH'er kan potentielt nedbrydes i jorden. Generelt gælder, at lavmolekylære PAH'er nedbrydes lettere end højmolekylære PAH'er /22/.

På grund af PAH'ernes store tendens til at adsorbere til jordpartikler, har de lange opholdstider i jorden.

PAH'erne anses som problematiske på grund af stoffernes kræftfremkaldende effekter.

Køle-/smøremidler

Sammensætningen for smøreolier er meget afhængig af funktionen. Følgende produkter er anvendt i de forskellige produktionsaktiviteter /21/:

Aktivitet	Produkter
Automatdrejning	Mineralolie
Drejning, fræsning og boring	Mineralolie Emulsion af mineralolie Halvsyntetisk væske Fuldsyntetisk væske
Slibning	Emulsion af mineralolie Halvsyntetisk væske Fuldsyntetisk væske

Smøreolie indeholder ofte diethanol og triethanol. Alle smøreolier kan i princippet indeholde biocider; oftest formaldehyd, men aminer, phenoler og evt. chlorerede forbindelser kan også være tilsat /21/.

I /23/ er smøreolie opdelt i 7 grupper:

1. Rene mineralolier
2. Rene vegetabiliske og/eller animalske olier
3. Opløsningsmiddelbaserede væsker
4. Emulsioner af mineralolie
5. Emulsioner af vegetabiliske og/eller animalske olier
6. Halvsyntetiske væsker
7. Syntetiske væsker.

Gruppe 1-3 er ikke vandblandbare, og opfører sig som olieprodukter eller chlorerede opløsningsmidler. Gruppe 4-7 er vandblandbare. I tabel 5.2 er angivet en oversigt over hovedkomponenter og additiver i forskellige køle-/smøre-midler.

Gruppe	Rene mineralolier	Rene vegetabiliske og/eller animalske olier	Opløsningsmiddelbaserede væsker	Emulsioner af mineralolier	Emulsioner af vegetabiliske og/eller animalske olier	Halvsyntetiske væsker	Syntetiske væsker
Hovedkomponent							
Mineralolie	X		(X)	X		X	
Vegetabiliske og/eller animalske olier	(X)	X		(X)	X		
Opløsningsmidler	(X)		X				
Vand				(X)	X	X	X
Additiver							
Smøremidler: fedtsyrerester, fedtsyrer, naphthenske syrer	X		X	X		X	(X)
EP-additiver	X		X	(X)		(X)	
Detergenter				X	X		X
Antioxidanter	X	(X)		X	(X)	X	
Korrosionsinhibitorer	(X)			X	X	X	X
Biocider				X	X	X	X
Alkalier						X	X
Viskositetsregulerende stoffer	X					X	
Skumdæmpende stoffer	(X)			X		X	(X)
Parfumer og farvestoffer	X	X	X	X	X	X	X

X = betyder, at stofgruppen normalt findes i den pågældende type

(X) = betyder, at stofgruppen kan forekomme i den pågældende type

Tabel 5.2 Oversigt over hovedkomponenter og additiver i forskellige køle-/smøremidler /23/.

Opløsningsmiddelbaserede væsker (gruppe 3) indeholder f.eks. oliebaserede opløsningsmidler (petroleum) og chlorerede opløsningsmidler.

Emulsioner (gruppe 4 og 5) indeholder typisk ca. 50 % mineralsk eller vegetabilisk olie, tilsat blandt andet olie, chlorerede paraffiner, svovlbehandlede olier, frit svovl, biocider og detergenter. Disse emulsioner er blandbare med vand, og vil typisk fortyndes med vand før brugen, således at olieindholdet er ca. 0,5 – 15 % /23/.

Generelt må det konkluderes, at flere køle-/smøremidler vil være i stand til at opløses og nedsive til grundvand. Flere køle-/smøremidler er desuden tilsat detergenter (overfladeaktive stoffer), som øger opløseligheden af organiske stoffer, såsom olie og de chlorerede paraffiner. Ligeledes er de ofte tilsat bio-

cider, som vil hæmme nedbrydning. Derimod vil det forventes, at sorption og fortynding vil forsinke nedsivning og spredning i grundvandet, og vil forbedre mulighederne for nedbrydningsprocesser.

Tabel 5.2 viser, at sammensætningen af køle-/smøremidler er meget varieret, men analyseteknisk vil de fleste produkter kunne detekteres ved analyser for olieprodukter (totalkulbrinter) og chlorerede eller vandblandbare opløsningsmidler.

Vandblandbare opløsningsmidler

Cellulosefortyndere består af en blanding af:

- 40-50 % af f.eks. acetone, ethylacetat, metylethylketon, methylisobutylketon, butylacetat, ethylglycol
- 10-20 % alkoholer f.eks. isopropanol, isobutanol
- 30-50 % fortyndingsmidler, f.eks. toluen, xylen, benzen.

Andre vandblandbare opløsningsmidler vil være 2-propanol, ethanol og butylacetat.

De vandblandbare opløsningsmidler vil opløses og nedsive til grundvandet, og de spredes i strømningsretningen. De fleste vil dog forventeligt nedbrydes i grundvandet.

Chlorerede opløsningsmidler

De chlorerede opløsningsmidler anvendes især til affedtning og afrensning. De har en rimelig opløselighed i vand, men ved spild kan der opstå en mobil, fri organisk fase. Chlorerede opløsningsmidler er tungere end vand og betegnes DNAPL (Dense Non-Aqueous Phase Liquid). Den vertikale spredning i den umættede zone er primært styret af tyngdekraften og kapillarkræfter kun bremset af fasens viskositet samt jordens permeabilitet og vandindhold. Nedsivning af en fri fase efterlader en zone med fri fase (residual eller tilbageværende fri fase), der er fanget i jordens porer. Hvis et DNAPL spild af fri fase når grundvandspejlet, vil det imidlertid ikke lægge sig oven på grundvandet, men vil på grund af en større massefylde strømme længere ned og evt. til sidst lægge sig på bunden af reservoiret og danne sammenhængende puljer. Herfra kan DNAPL spredes videre ved at flyde langs bundens hældning eller ved at trænge ned i sprækker og således eventuelt forurene underliggende grundvandsmagasiner.

Chlorerede stoffer opløses ved kontaktfladen mellem vandet og den frie fase, og bevæger sig herefter sammen med grundvandet. Forureningsfanen i grundvandet forsinkes i forhold til grundvandet af sorption, fordampning, nedbrydning samt dispersion /21/.

Chlorerede kulbrinter

Chlorparaffiner, PCB'er og chlorbenzener indgår i køle-/smøremidler.

PCB'er og chlorbenzener: Polychlorerede Biphenyler (PCB) er en gruppe af chlorerede aromatiske kulbrinter, der blev opdaget i slutningen af det 19. århundrede, og er blevet fremstillet kommercielt siden 1930. Der kan fremstilles over 200 forskellige PCB'er, men kommercielle produkter er normalt en blanding af ca. 130 af disse. PCB'er dannes ikke naturligt /33/.

Chlorerede benzener er en gruppe af chlorerede aromatiske kulbrinter indeholdende fra et til seks chloratomer. Der findes 12 forskellige chlorbenzener.

Når PCB og chlorbenzener tilføres jord, vil størstedelen blive adsorberet i det øverste lag. Begge stofgrupper har høje adsorptions- og absorptionskoefficienter. Det bemærkes, at stoffernes mobilitet falder med øget chlorering og øget indhold af organisk materiale samt ler i jorden /33/.

PCB og chlorbenzener er kemisk meget stabile og svært nedbrydelige i naturen. Nedbrydningen af PCB og chlorbenzener afhænger af graden af chlorering samt chloratomets position. Generelt er PCB'er med mere end seks chloratomer meget persistente i jordmiljøet. Under anaerobe forhold dechloreres primært de mest chlorerede PCB'er, hvorved der dannes mindre chlorerede PCB'er, som efterfølgende lettere udvaskes eller fordamper.

På trods af lave damptryk (1×10^{-7} - $6,5 \times 10^{-4}$ mm Hg) er fordampning endvidere en vigtig kilde til fjernelse af PCB'er fra jord. For chlorbenzenerne, der har højere damptryk ($1,1 \times 10^{-5}$ - 11,85 mm Hg), er fordampning den vigtigste kilde til fjernelse fra jord. Undersøgelser har vist, at den biologiske nedbrydning kun udgør ca. 3 % af den mængde der fordamper.

På grund af PCB'ers og chlorbenzenernes høje $\log P_{o/w}$ og lave nedbrydelighed er stofferne bioakkumulerbare, og spor af PCB'er kan i dag findes i fedtvæv i næsten alle levende organismer.

Metaller

Metaller er grundstoffer, der ikke kan nedbrydes til uskadelige komponenter. Metaller kan forekomme på forskellige kemiske tilstandsformer, der som følge heraf har forskellig mobilitet og miljøpåvirkning. Effekterne vil dog hovedsagelig bero på koncentrationsniveauet, og hvor de findes /22/.

Ud fra oplysningerne i kapitel 4 er metallerne bly, cadmium, kobber, chrom, nikkel og zink relevante i forbindelse med undersøgelse af mulig forurening fra maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder.

Metallernes spredning i det terrestriske miljø er styret af processernes udfældning, sorption og kompleksering og endvidere af redox- og metyleringsprocesser for chrom /22, 26/.

Metallerne *bly, kobber, nikkel* og *zink* optræder hyppigst som divalente kationer i det terrestriske miljø, og tilbageholdes generelt kraftigt i jord pga. sorption og udfældning med f.eks. fosfat. Sorption forekommer ved alle koncentrationsniveauer, mens udfældning generelt kræver høje koncentrationer /22/.

Chrom forekommer almindeligvis kompleksert med OH⁻ ioner (Cr(III)) og som oxyanionen chromat (Cr(VI)). Mobiliteten af chrom er stærkt afhængig af redoxforholdene, da chrom optræder som mobilt chromat under oxiderede forhold og udfældes under reducerede forhold. Sorptionen af chromat er styret af tilstedeværelsen og mængden af jern-, mangan- og aluminiumoxider, da anionerne ikke kan adsorbere direkte til jordmatricen /22/.

Cadmium forekommer hyppigst som uorganiske cadmiumsalte. Specielt vandopløselige cadmiumsalte vil være mobile ved jordforureninger (cadmiumchlorid, cadmiumsulfat, cadmiumacetat). Tungt opløselige cadmiumforbindelser vil være mere stationære i jorden (cadmiumoxid, cadmiumhydroxid, cadmiumsulfid, cadmiumsulfid). Cadmium er mest mobil ved sur pH i jordvæsken.

På grund af tungmetallernes store tendens til at adsorbere til jordpartikler har stofferne lange opholdstider i jorden. Kobber, nikkel, bly og zink har opholdstider på omkring 2.000 år i tempereret jord /18/.

Den afgørende faktor for metallernes sorption er pH, hvor stofferne er mest mobile ved lave pH-værdier. Tilføres jorden organiske eller uorganiske ligander, f.eks. chlorid, carbonat og sulfat, øges stoffernes opløselighed som følge af kompleksdannelse, på nær under stærkt reducerede forhold /32/.

Cyanider

Hvor der er anvendt natrium- og kaliumcyanid til affedtning, kan cyanid være frigivet som simple cyanider i de øverste jordlag. Simple cyanider er meget mobile, og tilbageholdes ikke i den umættede zone. Forudsat at forureningen er gammel, vil forureningen ikke længere være tilstede i de øverste jordlag pga. udvaskning, nedbrydning og evt. fordampning.

6 Undersøgelser

I det følgende er indholdet i en kortlægningsundersøgelse frem til vidensniveau 2 beskrevet /17/, jf. Lov om forurennet jord, /1/. Beskrivelse af mere omfattende undersøgelser kan bl.a. findes i /18/.

Ved en kortlægningsundersøgelse frem til vidensniveau 2 på en maskinfabrik eller et smede- og maskinværksted anbefales følgende elementer at indgå i undersøgelsesstrategien:

- Historisk kortlægning
- Prøvetagning af jord, grundvand og/eller poreluft
- Felt- og laboratorieanalyser af jord- og evt. grundvandsprøver
- Vurdering af analyseresultater i relation til relevante kvalitetskriterier
- Orienterende risikovurdering.

Afsnit 6.1 beskriver indholdet af en historisk redegørelse, mens afsnit 6.2 giver mere konkrete anvisninger på hvilke konkrete elementer, der kan indgå i en fysisk undersøgelse på en maskinfabrik og et smede- og maskinværksted. Kapitlets sidste afsnit indeholder gode råd til design af et undersøgelsesprogram.

Forureningskortlægningen forestås af amterne i samarbejde med kommunerne, og skal som udgangspunkt udføres efter retningslinierne i Miljøstyrelsens kortlægningsvejledning /17/. Der er dog væsentlige forskelle i de strategier, som de enkelte amter har valgt at følge i tilrettelæggelsen af kortlægningsarbejdet. Eksempelvis kan der være store forskelle i den detaljeringsgrad, som amterne anvender i deres undersøgelser frem til vidensniveau 1. Nogle amter vælger alene at bruge oplysningerne om virksomhedens placering, når de kortlægger på vidensniveau 1. Andre amter går mere i dybden og undersøger virksomhedens indretning, driftsperiode mv., før der tages stilling til kortlægning.

Første skridt i planlægningen af en kortlægningsundersøgelse er derfor at orientere sig om hvilke procedurer og metoder, der anvendes i netop det amt, hvor undersøgelsen skal udføres.

6.1 Historisk kortlægning

Inden fysiske kortlægningsundersøgelser påbegyndes, er det vigtigt at få lavet en historisk kortlægning for den aktuelle lokalitet. Dette kan være tidskrævende, men er nødvendigt for at kunne målrette de tekniske undersøgelser.

Den historiske kortlægning bør resultere i en detaljeret redegørelse for typen og den fysiske placering af potentielle forureningskilder relateret til maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder.

Der findes en lang række kilder, hvor der kan søges oplysninger. Kilderne kan opdeles i primære og sekundære kilder. En nærmere beskrivelse af de vigtigste primære og sekundære kilder fremgår af bilag 3.

I det følgende er anvendelsen af det historiske materiale opdelt på følgende emner:

- Lokalisering af maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder
- Oplysninger om branchen
- Oplysninger om lokaliteten.

Lokalisering af maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder

Med henblik på en generel kortlægning indhentes oplysninger om, hvor der har været maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder inden for afgrænsede geografiske områder.

Til generel kortlægning kan anvendes ”brede” historiske kilder som f.eks. gamle vejvisere, telefonbøger, lokalvejvisere og annonceværker (eksempelvis Kraks vejviser) med f.eks. 5-års intervaller. Kendetegnen for disse kilder er, at de har en bred dækning, men en lav detaljeringsgrad.

Der kan ofte ligeledes med fordel tages kontakt til lokalhistorisk arkiv, hvor medarbejdere enten selv har et udvidet lokalkendskab, eller kan henvise til ældre borgere med lokalkendskab.

Vedrørende industrikortlægning generelt henvises til Lossepladsprojektet, Udredningsrapport U6, ”Kilder til industrikortlægning”, december 1989, som er en bibliografi over industrihistorisk litteratur og kildemateriale omhandlende jern- og metalindustri /34/.

Oplysninger om branchen

Der foreligger ikke noget hovedværk, som samlet beskriver udviklingen og produktionsindretningen indenfor maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder. Der findes megen forskellig litteratur, ligesom der er udgivet et stort antal beskrivelser i forbindelse med virksomheders eller branchers jubilæer.

Henvisninger til litteratur, der beskriver de metalforarbejdende virksomheder, findes bl.a. i:

- Branchebeskrivelse for metalforarbejdende virksomheder /2/.
- Historisk beskrivelse af maskinbranchens mulige miljøbelastning – specielt med henblik på jord og grundvandsforurening /35/.
- Mere specifikke oplysninger om forureningsforhold mv. kan findes i databasen over amternes registreringsundersøgelser /37/.

Oplysninger om den enkelte lokalitet

Ved tilrettelæggelse af den historiske kortlægning kan det historiske materiale inddeles efter de forhold, der søges oplysninger om. For at kunne målrette den efterfølgende undersøgelse mest muligt, er det væsentligt ved gennemgangen at fastlægge, om der er sket ændringer i produktionen, anvendte stoffer mv. For maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder kan følgende forhold således være relevante:

- **Lokalisering og driftsperiode**
Adresse, matr.nr. og ejerforhold mv. fremgår af kommunens arkiver.
Driftsperioden fremgår af tingbogen, eller kan måske oplyses af grundejer(-ne) i driftperioden. Herudover kan der evt. indhentes oplysninger fra erhvervsregistret, vejvisere, brancheforeninger, lokalhistorisk arkiv, virksomhedsarkiver (f.eks. Erhvervsarkivet eller det Kgl. Bibliotek, festskrifter mv.).
- **Fysisk indretning**
Dansk Tarifforenings inspektionsberetninger (kun adgang for nedlagte virksomheder).
Kommunens arkiver, herunder evt. miljøgodkendelser.
Virksomhedens arkiver.
Fotos fra det Kongelige Biblioteks billedsamling, Kort- og Matrikelstyrelsen og Lokalhistorisk arkiv.
- **Gennemgang af processer og oplag**
Kommunens arkiver, herunder evt. miljøgodkendelser.
Virksomhedens arkiver.
Interview med grundejer eller ansatte i driftsperioden.
Avisartikler mv.
Arbejdstilsynets inspektionsberetninger (tidl. Fabrikstilsynet).
Gennemgangen suppleres med teknisk historisk litteratur.
- **Identifikation af miljøfarlige stoffer og lokalisering af forureningskilder**
Det vil være relevant at gennemgå de samme kilder som under ovenstående punkt.
- **Oplysninger om brand og ulykker**
Kommunens arkiver.
Virksomhedens arkiver.
Interview med grundejer(-ne) i driftsperioden eller ansatte.
Brandvæsenets arkiv
Politiets arkiv
Arbejdstilsyn
- **Besigtigelse**
En besigtigelse vil altid kunne give et indtryk af, hvordan de indsamlede historiske oplysninger passer sammen med den virkelighed, der er på lokaliteten i dag. Specielt på maskinfabrikker og smede- og maskinfabrikker, hvor virksomheden ofte har eksisteret i lang tid, og hvor virksomheden har gennemgået en større udvikling f.eks. fra smede-

værksted til større maskinfabrik, kan det give et bedre indtryk af de tidligere og nuværende forhold på lokaliteten. Det er specielt vigtigt at lokalisere steder, hvor der er foregået affedtning med opløsningsmidler, afdrypningsplads for metalspåner, steder for overfladebehandling, opbevarings- og aftapningsplads for olie/kemikalier – såvel råvarer som affald samt kloakforhold. Det anbefales at udføre besigtigelsen sammen med en tidligere grundejer(-e) eller ansatte, der har kendskab til produktionsprocesser og affaldsbortskaffelse.

6.2 Planlægning af fysiske undersøgelser

Dette afsnit giver konkrete anvisninger til, hvilke potentielle forureningskilder der bør eller kan inddrages i en fysisk undersøgelse af maskinfabriker og smede- og maskinværksteder. Endvidere er beskrevet, hvilke forureningskomponenter der bør indgå i undersøgelserne, undersøgelsesmetoder samt udførelse af analysearbejde. Anvisningerne er dels baseret på de i kapitel 4 og 5 angivne miljøbelastninger og dels på konkrete erfaringer fra amternes undersøgelser af maskinfabriker og smede- og maskinværksteder /35, 36/. En gennemgang af de tidligere erfaringer fremgår af bilag 6.

6.2.1 Potentielle forureningskilder

Ud fra ovennævnte erfaringsopsamlinger samt gennemgangen i kap. 4 og 5 er der nedenfor angivet en liste over forureningskilder, som bør medtages ved en kortlægningsundersøgelse. Listen skal i hvert enkelt tilfælde vurderes sammen med de konkrete forhold på lokaliteten.

Forureningskilder, som *bør medtages* i en kortlægningsundersøgelse frem til vidensniveau 2:

- Indendørs og udendørs plads for affedtning af metalemner (plads, kar eller bade).
- Afdrypningsplads for metalemner, -spåner og –støv.
- Steder for overfladebehandling af metalemner (hærdning, maling/lakering, galvanisering, forzinkning).
- Indendørs og udendørs opbevarings- og aftapningsplads for olie og kemikalier – såvel råvarer som affald.
- Gulv afløb og kloakker, herunder evt. samle-/sivebrønde og olieudskiller.
- Nedgravede eller fritstående olie- og kemikalietanke med tilhørende rørføringer, påfyldning og udluftning.
- Udendørs vaskeplads af metalemner og maskindele.
- Områder, hvor der er foregået udendørs sandblæsning.
- Diffus forurening af overfladejorden med metaller og tjærekomponenter (PAH'er, herunder benzo(a)pyren).
- Steder for maskiner, hvor der er foregået påfyldning/aftapning/rengøring/

reparation.

Forureningskilder, som *i specielle tilfælde kan medtages* i en kortlægningsundersøgelse frem til vidensniveau 2:

- Udendørs lager af jern og metal (råvarer, halv-/helfabrikata, affald)
- Nedfaldsområde for ventilationsafkast og sandblæsning

6.2.2 Forureningskomponenter

På baggrund af resultatet af de to gennemførte erfaringsopsamlinger /35, 36/ og gennemgangen af mulige kilder til jord- og grundvandsforurening i kap. 4 og 5, er der efterfølgende givet en prioriteret liste over, hvilke forurenende stoffer der bør analyseres for. Data for de nedenfor nævnte stoffer findes i bilag 2.

Forurenende stoffer, som der *anbefales analyseret for* i en kortlægningsundersøgelse frem til vidensniveau 2:

- Olieprodukter og oliebaseerede opløsningsmidler samt køle-/smøremidler (rensebenzin, petroleum, mineralsk terpentin, diesel, fyringsolie, fuel og smøreolie samt benzen, toluen, ethylbenzen, xylener).
- PAH'er (polycykliske aromatiske kulbrinter).
- Chlorerede opløsningsmidler (tetrachlormethan, trichlormethan, trichlorethylen, tetrachlorethylen, 1,1,1-trichlorethan, Freon 113, dichlormethan).
- Metaller (chrom, kobber, nikkel, zink, bly og cadmium).

Forurenende stoffer som der *i specielle tilfælde kan analyseres for* i en kortlægningsundersøgelse frem til vidensniveau 2:

- Vandblandbare opløsningsmidler: Cellulosefortynder, 2-propanol, ethanol, butylacetat.
- Chlorerede kulbrinter: Chlorparaffiner, chlorbenzener, PCB'er.
- Cyanider (kalium- og natriumcyanid).

6.2.3 Undersøgelsesmetoder

Undersøgelserne kan opdeles i hhv. et standardprogram og et supplementprogram.

Standardprogrammet indeholder de elementer, som altid anbefales medtaget i en kortlægningsundersøgelse frem til vidensniveau 2. Her forudsættes det, at der er gennemført en detaljeret historisk kortlægning med lokalisering af de vigtigste forureningskilder.

Hvis historikken er sparsomt belyst, eller der er mistanke om tilstedeværelse af større forureningskilder med ukendt placering, kan standardprogrammet udvides med et eller flere elementer fra supplementprogrammet.

Standardprogrammet anbefales at indeholde:

- Udførelse af TV-inspektion af kloaksystem, da beskrivelsen af branchen i kapitel 4 viser, at utætte kloakrør og -brønde kan udgøre en væsentlig kilde til forurening. Resultatet af TV-inspektionen danner grundlag for den efterfølgende undersøgelse.
- Udførelse af boringer (korte indtil 1 m u.t. og dybere indtil minimum 3-4 m u.t.) og udtagning af jordprøver.
- Udførelse af spadestik (øverste 10-20 cm) til udtagning af overfladenære jordprøver for at afdække en mulig diffus forurening af jordoverflade med specielt metaller, totalkulbrinter og PAH'er.
- Ved tilstedeværelse af terrænnære grundvandsmagasiner udføres der en eller flere filtersatte boringer med henblik på vandprøvetagning. Der bør placeres filtersatte boringer ved eller nedstrøms de potentielle forureningskilder.
- Etablering af prøvetagningssteder til poreluftmåling samt udtagning af poreluftprøver, primært ved forureningskilder hvor der er mistanke om spild af opløsningsmidler, herunder chlorerede opløsningsmidler.

Supplementsprogrammet kan omfatte gravninger og lokalisering af nedgravede tanke og rørføringer ved geofysiske opmålinger. I det følgende er undersøgelsesmetoderne gennemgået nærmere.

En detaljeret gennemgang af prøvetagnings- og analysestrategier fremgår af /39, 43/.

6.2.4 Analyseprogrammer

Analyseprogrammet for maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder vil typisk omfatte jord-, porelufts- og grundvandsprøver, jf. gennemgangen i kapitel 4 og 5.

Analyseprogrammet opdeles i hhv. feltanalyser og laboratorieanalyser, hvilket beskrives hver for sig i det følgende.

Endvidere er analyserne ligesom undersøgelsesmetoderne opdelt i hhv. et standardprogram og et supplementsprogram. Standardprogrammet indeholder de elementer, som altid anbefales medtaget i en kortlægningsundersøgelse. I særlige tilfælde kan standardprogrammet udvides med elementer fra supplementprogrammet.

Feltanalyser

Ved feltanalyser forstås analysemetoder af mindre kompleksitet, som er egnede til anvendelse i felten. De fleste feltanalyser er mindre nøjagtige og mindre præcise end laboratorieanalyserne, men er hurtigere og giver en respons for flere stoffer ved samme analyse. Feltanalyser anvendes af økonomiske og tidsmæssige årsager til sikring af et tilstrækkeligt analysegrundlag for lavere omkostninger, således at der udvælges relevante prøver til laboratorieanalyser, og der analyseres for relevante parametre. Herudover kan feltanalyser foretages samtidig med borearbejdet, således at placeringen af borer løbende tilrettelægges ud fra resultaterne af feltanalyserne. Hvis feltmetoden er stofspecifik, bør den som minimum have en detektionsgrænse, der svarer til det gældende kvalitetskriterium for det pågældende stof.

For maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder kan følgende feltanalyser være aktuelle:

- PID/FID anvendes til vurdering af flygtige forbindelser i poreluften eller i headspacen over en jordprøve. Apparatus følsomhed afhænger af, hvilken type lampe detektoren er udstyret med. Metoden er ikke stofspecifik.
- GC/FID og GC/ECD anvendes typisk i mobile laboratorier, og prøverne er enten poreluft, headspace over jordprøver eller jordprøver, der ekstraheres. Metoderne er semispecifikke og følsomme over for de fleste af de organiske forureninger, der kan forekomme på maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder.
- Metalscreening med røntgenfluorescenceteknik (EDXRF). Metoden giver en orientering om, hvorvidt jorden er forurennet med almindeligt forekommende metaller, og hvilken variation der kan forventes over undersøgelsesområdet.
- Jordprøver med høje koncentrationer af chlorerede opløsningsmidler eller olieprodukter kan ved udrystning med Sudan IV (hydrofob farvestof) give en farveregning. Metoden er ikke stofspecifik. Det skal bemærkes, at Sudan IV er giftigt, og anvendelse stiller således krav til håndtering, arbejdsmiljø mv.
- En stofspecifik metode, der er anvendelig til polære kulbrinter, er at suge luft (poreluft eller headspace fra jordprøver) gennem et testrør og aflæse farveregningen.

Yderligere oplysninger om forskellige feltmetoder findes i /18, 39, 40, 43, 46/.

Standardprogrammet anbefales at indeholde en prøvebeskrivelse af samtlige jord- og vandprøver, der er udtaget i forbindelse med feltarbejdet. Den indledende prøvebeskrivelse bør omfatte:

- Registrering af observationer i felten, såsom misfarvning, fyldmateriale, geologiske aflejringer og lugt.
- Registrering af lugt, uklarheder, oliefilm og lignende i oppumpet vand.

- Screening af jordprøver i felten og/eller i laboratorium for flygtige ioniserbare forbindelser ved PID/FID.

Supplementprogrammet kan indeholde feltanalyser med PID/FID-detektor på poreluftprøver. Det kan desuden overvejes at screene et større antal jordprøver i felten for indhold af metaller med røntgenfluorescenceteknik (EDXRF) samt for indhold af høje jordkoncentrationer af chlorerede opløsningsmidler med Sudan IV farvetest. Desuden kan det overvejes at screene jord- og poreluftprøver i felten for indhold af vandblandbare kulbrinter med testrør.

I tabel 6.1 er feltmetoderne sammenfattet med angivelse af analysemetoder, parametre og vejledende detektionsgrænser /38/.

Analyseteknik	Analysemetoder	Parametre	Vejl. detektionsgrænser
Direkte måling på poreluftprøver eller headspace over jordprøver	PID/FID	BTEX Benzin Terpentin Diesel/fyringsolie Chlorerede opløsningsmidler	- 1-10 mg/kg 1-10 mg/kg 20-100 mg/kg 0,02 mg/kg
Direkte måling på poreluftprøver eller headspace over jordprøver eller indirekte måling på jordprøver efter ekstraktion	GC/FID og GC/ECd	Benzin Dieselolie Tung olie BTEX Chlorerede opløsningsmidler Vandblandbare midler	1 mg/kg 5 mg/kg 25 mg/kg 0,05-0,2 mg/kg 0,001-0,05 mg/kg 0,1-10 mg/kg
Direkte måling på jordprøver	Røntgenfluorescens (ECXRF)	Bly Cadmium Chrom Kobber Nikkel Zink	10-30 mg/kg ~30 mg/kg 70-160 mg/kg 15-50 mg/kg 0-80 mg/kg 15-80 mg/kg
Direkte måling på jordprøver	Farvetest med Sudan IV	Kulbrinter Chlorerede opløsningsmidler	Ca. 0-50 mg/kg
Direkte måling på poreluftprøver eller headspace over jordprøver	Testrør	Vandblandbare opløsningsmidler	Generelt høje detektionsgrænser, ofte væsentligt højere end luftkriterier.

Tabel 6.1 Oversigt over feltanalyser.

Laboratorieanalyser

Ved laboratorieanalyser udføres analyserne af et analyselaboratorium, som er akkrediteret til at lave analyser af en kvalitet, der som udgangspunkt lever op til bl.a. følgende krav /38/:

- Detektionsgrænserne er 1/10 af de gældende kvalitetskriterier for jord, vand og poreluft (undtaget er detektionsgrænsen for C25-C35).
- Metodeusikkerheden er acceptabel (typisk 10-20 % standardafvigelse).

Standardprogrammet anbefales at indeholde følgende akkrediterede laboratorieanalyser:

- Udvalgte jordprøver for:
 - Totalindhold af kulbrinter, BTEX og PAH ved GC-FID og GC-MS

- Metaller ved ICP eller AAS.
- Grundvandsprøver for:
 - Totalindhold af kulbrinter og BTEX ved GC-FID og GC-MS
 - Chlorerede opløsningsmidler og nedbrydningsprodukter ved GC-MS/ECD, GC-MS og Purge & Trap
 - Vandblandbare opløsningsmidler ved GC-FID, GC-MS og Purge & Trap.
- Poreluftprøver for:
 - Totalindhold af kulbrinter og BTEX ved GC-FID og GC-MS
 - Chlorerede opløsningsmidler og nedbrydningsprodukter ved GC-MS/ECD
 - Vandblandbare opløsningsmidler ved GC-FID og GC-MS.

I det følgende er der herudfra angivet forslag til laboratorieanalyseprogrammer for både jord-, vand- og poreluftprøver.

Hvis den historiske gennemgang har afsløret specifik viden om, at virksomheden f.eks. ikke har anvendt chlorerede opløsningsmidler, anbefales det at indsnævre analyseprogrammet, så det specifikt rettes mod de forureningskomponenter, der har været anvendt.

De anførte vejledende detektionsgrænser i jord, grundvand og poreluft er hentet fra gældende metodebeskrivelser og oplysninger fra et udvalg af danske analyselaboratorier i 2004.

Laboratorieanalyser - jordprøver

Jordprøver udvælges typisk til analyse på baggrund af forhøjet PID-udslag, misfarvning, mislugt og/eller indhold af fremmedlegemer i jorden samt kendskab til de potentielle forureningskilder.

For tungmetaller analyseres der typisk for metallerne bly, cadmium, chrom, kobber, nikkel og zink som en samlet pakke.

I tabel 6.2 fremgår det anbefalede analyseprogram for jordprøver udtaget på maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder. Analyseprogrammet kan reduceres eller udbygges afhængigt af, hvilke oplysninger der kan fremskaffes i forbindelse med den konkrete undersøgelse.

Analyseteknik	Analysemetoder	Parametre	Detektionsgrænser [mg/kg TS]
Indirekte måling på jordprøver efter ekstraktion	GC-FID ^{1, note 1} og GC-MS ²	C6-C10	2,0 ¹
		C10-C25	5,0 ¹
		C25-C35	20,0 ¹
		BTEX	0,01 ² /0,1 ¹
		PAH	0,005 ²
Indirekte måling på jordprøver efter ekstraktion	ICP ³ og AAS ⁴	Bly	0,05 ⁴ /0,9 ³
		Cadmium	0,01 ⁴ /0,05 ³
		Chrom	0,03 ⁴ /0,2 ³
		Kobber	0,05 ⁴ /0,5 ³
		Nikkel	0,1 ⁴ /0,6 ³
		Zink	0,01 ⁴ /1 ³

Note 1: Højt indhold af andre ekstraherbare stoffer vil interferere og medføre problemer med at identificere og kvantificere tilstedeværelsen af enkeltstoffer, bl.a. BTEX, styren og naphtalen, /43/.

1: GC-FID, 2: GC-MS, 3: ICP, 4: AAS.

Tabel 6.2 Laboratorieanalyser for jordprøver.

GC/FID screening af jordprøverne for totalindhold af kulbrinter vil endvidere kunne afsløre, om der er høje koncentrationer af chlorerede kulbrinter i prøverne eller indhold af PAH'er, men vil dog ikke kunne give den nøjagtige koncentration af disse.

Umiddelbart anbefales det, at jordprøver ikke analyseres for vandblandbare opløsningsmidler, da denne stofgruppe er meget mobil, og hurtigt udvaskes af jorden.

Laboratorieanalyser - vandprøver

Vandprøver anbefales analyseret efter programmet angivet i tabel 6.3.

Som anført for jordprøver kan analyseprogrammet for vandprøver ligeledes reduceres eller udbygges afhængigt af, hvilke oplysninger der kan fremskaffes i forbindelse med den konkrete undersøgelse.

Analyseteknik	Analysemetoder	Parametre	Detektionsgrænser [µg/L]
Indirekte måling på vandprøver efter ekstraktion	GC-FID ^{1+ note 1} og GC-MS ²	C6-C10	5 ¹
		C10-C25	9 ¹
		C25-C35	15 ¹
		Benzen	0,04 ² /0,1 ¹
		Toluen	0,04 ² /0,1 ¹
		Ethylbenzen	0,02 ² /0,1 ¹
		Xylener	0,02 ² /0,1 ¹
Indirekte måling på vandprøver efter ekstraktion	GC-MS/ECD ⁴ og Purge & Trap ³ og GC-MS ²	TCE	0,02 ³⁺⁴
		PCE	0,02 ³⁺⁴
		TCA	0,01 ⁴
		Dichlormethan	0,02 ³
		1,2-dichlorethylen	0,1 ² /0,02 ³
		1,2-dichlorethan	0,02 ³

Note 1: Højt indhold af andre ekstraherbare stoffer vil interferere og medføre problemer med at identificere og kvantificere tilstedeværelsen af enkeltstoffer, bl.a. BTEX, styren og naphthalen, /43/.

1: GC-FID, 2: GC-MS, 3: Purge & Trap, 4: GC-MS/ECD.

Tabel 6.3 Laboratorieanalyser for vandprøver.

Laboratorieanalyser - poreluftprøver

Poreluftprøver anbefales analyseret efter programmet angivet i tabel 6.4.

Som anført for jord- og vandprøver kan analyseprogrammet for poreluftprøver ligeledes reduceres eller udbygges afhængigt af, hvilke oplysninger der kan fremskaffes i forbindelse med den konkrete undersøgelse. Det skal bemærkes, at detektionsgrænserne vil være afhængige af den mængde luft, der oppumpes.

Analyseteknik	Analysemetoder	Parametre	Detektionsgrænser [µg/rør]
Indirekte måling på absorptionsrør efter ekstraktion	GC-FID ^{1+no9te 1} og GC-MS ²	Totalkulbrinter	1-5 ¹
		Benzen	0,01 ² /0,1 ¹
		Toluen	0,01 ² /0,2 ¹
		Ethylbenzen	0,01 ² /0,1 ¹
		Xylener	0,01 ² /0,5 ¹
Indirekte måling på absorptionsrør efter ekstraktion	GC-MS/ECD ³ og GC-MS ²	TCE	0,01 ³
		PCE	0,01 ³
		TCA	0,01 ³
		Dichlormethan	0,04 ²
		1,2-dichloretylen	0,03 ²
		1,2-dichlorethan	0,03 ²

Note 1: Højt indhold af andre ekstraherbare stoffer vil interferere og medføre problemer med at identificere og kvantificere tilstedeværelsen af enkeltstoffer, bl.a. BTEX, styren og naphtalen, /43/.

1: GC-FID, 2: GC-MS, 3: GC-MS/ECD.

Tabel 6.4 Laboratorieanalyser for poreluftprøver.

6.3 Design af undersøgelsesprogram

De fysiske undersøgelser har til formål at be- eller afkræfte, om de aktiviteter, der er foregået på maskinfabrikken og smede- og maskinværkstedet, har ført til forurening af jord og/eller grundvand. Derudover skal de fysiske undersøgelser tilvejebringe de oplysninger, som er nødvendige for at kunne foretage en indledende risikovurdering af forureningens påvirkning af miljø og sundhed. Da de fysiske undersøgelser er kostbare at iværksætte, er det vigtigt med omhyggelig planlægning og design af undersøgelsesprogrammet.

Den historiske kortlægning skal resultere i følgende oplysninger:

- Hvilke potentielle kilder er eller har der været til forurening?
- Hvilke miljøfremmede stoffer kan der være udledt fra virksomheden, og hvordan opfører disse stoffer sig i miljøet?

Når disse oplysninger er tilvejebragt, kan der opstilles en konceptuel model, som beskriver de scenarier, som de fysiske undersøgelser skal be- eller afkræfte. Den konceptuelle model kan eksempelvis tage stilling til følgende spørgsmål:

- Er der tale om punktkilder eller en mere diffus forurening over et større område? Forureningskildernes omtrentlige udbredelse skal afgrænses.
- Hvordan er de miljøfremmede stoffer undsluppet til miljøet?

- Hvilke stoffer er der tale om? Hvis der er tale om få hovedkomponenter og mange additiver, bør man som regel starte med at undersøge for hovedkomponenterne.
- Hvordan vil stofferne opføre sig i miljøet? Vil de adsorbere til jorden umiddelbart ved kilden, vil de fordampe, vil de bevæge sig mod grundvandet eller vil de opløses i porevandet og udvaskes?
- Undergår stofferne forandringer i miljøet? Bliver de nedbrudt eller ændrer tilstandsform?

Når dette hændelsesforløb er tænkt igennem, er der skabt et billede af, hvor på lokaliteten der skal søges efter hvilke forureningskomponenter. For hver kilde kan der herefter fastlægges en undersøgelsesstrategi, hvor der udvælges prøvetagningsmetoder og analyseparametre for hver af de forureninger/kilder, der indgår i den konceptuelle model.

En detaljeret gennemgang af prøvetagnings- og analysestrategier fremgår af /43/.

7 Afværgeteknikker

Såfremt der ved kortlægningsundersøgelsen frem til vidensniveau 2 påvises forurening, der overskrider de af Miljøstyrelsen fastsatte kvalitetskriterier for jord, grundvand eller poreluft /18/, vil næste skridt typisk være en mere omfattende forureningsundersøgelse. Den omfattende undersøgelse skal typisk beskrive følgende forhold for den aktuelle lokalitet/forurening:

- Geologi, hydrogeologi og geokemi
- Forureningsudbredelse, spredningshastighed og kildestyrke.

Med baggrund i en samlet vurdering af undersøgelsesresultaterne udarbejdes i henhold til /18/ en risikovurdering, der beskriver i hvilken grad forureningen udgør en risiko i forhold til arealanvendelsen, grundvands- og/eller recipientinteresser. På baggrund af risikovurderingen besluttet det, om der skal foretages afværgeforanstaltninger.

Det er vigtigt, at der på et tidligt tidspunkt i undersøgelsesfasen overvejes hvilke afværgeforanstaltninger, der kan være aktuelle overfor den pågældende forurening. Herved sikres, at de udførte undersøgelser målrettes mest muligt.

Inden projektet påbegyndes, foreslås det at orientere sig i Amternes Projekt-håndbog /41/. I projekthåndbogen er der samlet en lang række erfaringer med udbud og kontrahering af rådgivere og entreprenører.

7.1 Identifikation af potentielle afværgestrategier

I det følgende er der listet eksempler på afværgeforanstaltninger, der kan være aktuelle til sikring af arealanvendelse, herunder indeklime, samt grundvandsinteresser på lokaliteter, hvor der er eller har været maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder.

Identifikationen af mulige afværgestrategier skal som udgangspunkt baseres på en gennemgang af alle generelt anvendelige afværgeteknikker over for den pågældende forurening. Med baggrund i formålet med afværgeprojektet og de lokalitetsspecifikke forhold udvælges, hvilken afværgeteknik eller kombination af forskellige teknikker der er bedst egnet over for den identificerede forurening. Valget skal overordnet baseres på en helhedsvurdering af funktion, miljø, tid og økonomi.

Ved valg af afværigeløsning er det vigtigt at tage stilling til, om formålet er en fjernelse og/eller en afskæring af forureningen. Der skal tages stilling til oprensningskriterier, som afværigeløsningen skal sigte mod, og det skal undersø-

ges, hvilke krav der er til afværgeforanstaltningen med hensyn til udledningskriterier for vand og luft.

Der sker løbende udvikling af forskellige afværgemetoder. I valget af afværgeteknikker er det vigtigt at følge med i den eksisterende viden på området. Her er der givet nogle eksempler på hjemmesider, hvor der kan opnås et godt overblik over de forskellige teknikker:

- Miljøstyrelsen: www.mst.dk
- Amternes Videntcenter for Jordforurening: www.avjinfo.dk
- Den Amerikanske Miljøstyrelse (US EPA): www.epa.gov, herunder www.clu-in.org (Clean Up Information) og www.gwrtac.org (The Groundwater Remediation Technologies Analysis Center).

I tabel 7.1 er der foretaget en udvælgelse af de afværgeteknikker, der på nuværende tidspunkt vurderes at være bedst egnede i forhold til de forureningskomponenter, der typisk findes i forbindelse med maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder.

Udvælgelsen af teknikker bærer præg af, hvilke teknikker der på nuværende tidspunkt er mest kommercielt udviklede. Tabellen indeholder en kort beskrivelse af den pågældende metode og dens anvendelighed i forhold til forskellige stofgrupper, geologi og hydrogeologi. Der er for den enkelte teknik endvidere anslået tiden for en forventet oprensningsperiode.

Efter afslutning af etablering og evt. indkøring af en afværgeløsning er det af stor betydning, at der udover den rent maskintekniske del bestående af eftersyn og vedligehold, løbende foretages en monitoring og optimering af afværgeforanstaltningen. Endvidere bør afværgeforanstaltningerne før en afslutning vurderes mod de fastsatte stopkriterier.

I bilag 4 er der for udvalgte afværgeteknikker angivet relevante kilder, hvor der kan findes uddybende beskrivelser mht. praktisk udførelse samt anvendelighed i forhold til forskellige stofgrupper og geologi.

Teknik	Forureningskomponenter	Beskrivelse	Sted	Geologi	Hydrogeologi	Oprensningsperiode
Afgravning/opboring	Metaller, olieprodukter, opløsningsmidler mv.	Afgravning/opboring af jord. Bortkørsel af jord til ekstern rensning	Kilde	Alle	Umættet og mættet (evt. foretages grundvands-sænkning)	Kort
Forsegling af forureningen	Alle	Etablering af spuns eller dække ved terræn, der hindrer kontakt og/eller spredning af forureningen	Kilde/flade	Alle	Umættet og mættet	-
Phytooprensning	Metaller, olieprodukter, PAH'er mv.	Plantning af vegetation, der kan optage og eventuelt nedbryde forureningskomponenterne	Kilde/flade	Alle	Umættet	Lang
Kemisk oxidation	Oliekomponenter, opløsningsmidler mv.	Stimuleret nedbrydning af forureningen ved tilsætning af oxidationsmiddel	Kilde	Sprækketler, silt og sand	Umættet og mættet	Mellem
Dampstripping	Oliekomponenter, opløsningsmidler mv.	Opvarmning af jordmatrixen ved injektion af damp samt aktiv oppumpning af grundvand og poreluft	Kilde	Sand, grus, kalk, lerlag (< 3m tykke)	Umættet og mættet	Kort-Mellem
Afværgepumpning og vandbehandling	Olieprodukter, opløsningsmidler mv.	Oppumpning og behandling af grundvand	Kilde	Sand, grus, kalk	Mættet	Lang
Naturlig nedbrydning	Benzin, let gasolie, udvalgte opløsningsmidler mv.	Overvågning af forureningens nedbrydning ved omfattende monitoring	Spredningskontrol	Sand-grus	Mættet (umættet)	Lang
Ventilation (passiv eller aktiv)	Flygtige oliekomponenter og opløsningsmidler	Fjernelse af forurenede poreluft drevet af naturlige atmosfæriske trykvariationer (passiv) eller ved aktiv ventilering (SVE)	Kilde	Sand, grus (kalk)	Umættet	Lang

Tabel 7.1 Udvalgte afværgeteknikker i forhold til forureningskomponenter

i relation til maskinfabrikker og smede- og maskinværksteder
/15/. Oprensningsperioder er angivet som: Kort: $< \frac{3}{4}$ år, mellem:
 $\frac{3}{4}$ år – 3 år og lang: >3 år.

8 Litteraturliste

- /1/ Miljøstyrelsen. "Lov nr. 370 af 2. juni 1999 om forurennet jord", med senere ændringer.
- /2/ Amternes Videncenter for Jordforurening. "Branchebeskrivelse for metalforarbejdende virksomheder". Teknik og Administration. nr. 8, 1997.
- /3/ Smedebogen. Poul-Arne Callesen, Allan Petersen og Niels Poulsen. Erhvervsskolernes forlag 1998.
- /4/ Danmarks statistik, branchekoder vedlagt i bilag 3.
- /5/ Amternes Videncenter for Jordforurening. "Branchebeskrivelse for autoværksteder". Teknik og Administration nr. 4, 1997.
- /6/ Amternes Videncenter for Jordforurening. "Branchebeskrivelse for metalliseringsvirksomheder". Teknik og administration nr. 2, 1999.
- /7/ Amternes Videncenter for Jordforurening: "Kortlægning af brancher der anvender chlorerede opløsningsmidler", Teknik og Administration nr. 4, 2002.
- /8/ Miljøministeriet. "Lov nr. 372 af 13. juni 1973 om miljøbeskyttelse.
- /9/ Miljøbeskyttelsesloven (lov. nr. 753 af 25. august 2001 med senere ændringer).
- /10/ Miljøministeriet. "Lov nr. 178 af 24. maj 1972 om bortskaffelse mv. af olie- og kemikalieaffald".
- /11/ Miljøministeriet. "Bekendtgørelse nr. 455 af 17. oktober 1972 om bortskaffelse m.v. af olieaffald".
- /12/ Miljøministeriet. "Bekendtgørelse nr. 121 af 17. marts 1976 om kemikalieaffald".
- /13/ Miljø- og Energiministeriet. "Bekendtgørelse nr. 619 af 27. juni 2000 om affald".
- /14/ Stærmose, Søren: Smeden: Smedje og industri. De Danske Håndværk 1984, Gyldendal.

- /15/ Miljøstyrelsen: Afprøvede teknologier under Miljøstyrelsens teknologiprogram for jord- og grundvandsforurening. Miljøprojekt nr. 714, 2002.
- /16/ Materialeforståelse 1. Materialernes struktur, egenskaber og anvendelse. Af Jørgen O.F. Simonsen og Jan B. Rasmussen. Industriens forlag. 1. udgave 1994.
- /17/ Miljøstyrelsen. Kortlægning af forurenede arealer. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 8, 2000.
- /18/ Miljøstyrelsen. ”Oprydning på forurenede lokaliteter” – hovedbind. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 6 1998.
- /21/ Arbejdsmiljøfondet. 1982. Sundhedsskader ved anvendelse af kølesmøremidler Henius, R.H.
- /22/ Miljøstyrelsen. Kemiske stoffers opførsel i jord og grundvand: Bind 1 & 2. Projekt om jord og grundvand fra miljøstyrelsen. Nr. 20, 1996.
- /23/ Arbejdstilsynet. Frivillig registrering af kølesmøremidler og toksikologisk vurdering af indholdsstofferne. Rapport nr. 17, 1984.
- /24/ US Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Chlorobenzene. December 1990.
- /25/ Dangerous Properties of Industrial Materials, 6. ed., N. Irving SAX, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1984.
- /26/ Handbook of Environmental Fate and Exposure Data, For Organic Chemicals, Philip H. Howard, Lewis Publishers 1990.
- /27/ Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, 3. revised ed., Wiley-Interscience, 1981.
- /28/ Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals, 6. ed., Karel Verschueren. 1996.
- /29/ Miljøstyrelsen. Begrænsning af luftforurening fra virksomheder. Vejledning. nr. 6, 1990.
- /30/ US Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for 1,4-dichlorobenzene. December 1998.
- /31/ Amternes Videncenter for jordforurening. Samling af stofdatablade for

branchebeskrivelser. Teknik og Administration nr. 7, 2002.

- /32/ European Commission. directorate-general health and consumer protection directorate c - scientific opinions scientific committee on toxicity, ecotoxicity and the environment (cstee). opinion of the CSTEE on "short-chain chlorinated paraffins (sccps)" follow-up of directive 2002/45/EC Opinion expressed at the 35th cstee plenary meeting Brussels, 17 december 2002.
- /33/ Amternes Videncenter for Jordforurening. "Branchebeskrivelse for elværker og transformerstationer". Teknik og Administration nr. 6, 2002.
- /34/ Miljøstyrelsen. Lossepladsprojektet. Udredningsrapport U6 "Kilder til industrikortlægning", december 1989.
- /35/ Vestsjællands Amt. "Historisk beskrivelse af maskinbranchens mulige miljøbelastning – specielt med henblik på jord og grundvandsforurening". 1992.
- /36/ Amternes Videncenter for Jordforurening. "Erfaringsopsamling på amternes registreringsundersøgelser". Teknik og Administration. nr. 3, 1997, hovedrapport.
- /37/ Amternes Videncenter for Jordforurening. "Databasen over amternes registreringsundersøgelser", 1997.
- /38/ Amternes Videncenter for Jordforurening. "Branchebeskrivelse for trykkerier". Teknik og administration nr. 2 2003.
- /39/ Amternes Videncenter for Jordforurening. "Håndbog for poreluftundersøgelser". Teknik og Administration nr. 3, 1998.
- /40/ Miljøstyrelsen. "Feltmetoder til forurennet jord". Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen nr. 18, 1995.
- /41/ Amternes Videncenter for jordforurening. "Amternes Projekthåndbog nr. 1, 2001".
- /42/ Amternes Videncenter for Jordforurening. "Branchebeskrivelse for autolakerier". Teknik og Administration nr. 5, 2002.
- /43/ Miljøstyrelsen. "Prøvetagning og analyse af jord." Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 13, 1998.
- /44/ Teknisk Museum, Skoletjenesten. Emneark "Industrialiseringen, Arbejde & teknologi I Danmark 1840-1914.

- /45/ Miljøstyrelsen, Ny viden, nr. 1 2001. Artikel "Mere miljøvenlig elektronik med blyfri loddelim".
- /46/ Amternes Videncenter for Jordforurening. "Håndbog om feltmetoder til analyse af forurenede jord". Teknik og Administration nr. 3, 2001.

Bilag 1

Ordliste

<i>Anløbning</i>	For at formindske de spændinger, der opstår i emnet ved hærdeningen, efterfølges der ofte med en såkaldt anløbning, hvor emnet genopvarmes i olie eller eventuelt afbrændes efter neddykning i olie. Neddykning i olie har samtidig en rustbeskyttende effekt på emnet /2/.
<i>Bukning</i>	Metalstykket får en blivende (bukket) formforandring /3/.
<i>CAD/CAM</i>	Computerbaseret tegne og simuleringsprogram. Når emnet er tegnet, kan den videre forarbejdning simuleres, så man præcis kan se, hvordan arbejdet vil foregå på den CNC-styrede maskine. Man kan f.eks. se, om en given bukkeopgave kan udføres på maskinen med de værktøjer, der nu er til rådighed. Via computerprogrammet genereres CNC-koderne, så de via diskette eller ledning kan overføres til den CNC-styrede maskine /3/.
<i>CNC</i>	se under CAD/CAM.
<i>Flusmiddel</i>	Flusmiddel er lavet af harpiks og syre /45/. Flusmidlet opløser oxider, hindrer dannelsen af nye oxider og virker som temperaturindikator. Der anvendes forskellige typer af flusmiddel alt afhængig af det grundmateriale, der skal loddet /3/. Brugen af flusmiddel vurderes ikke at udgøre nogen nævneværdig kilde til jord og grundvandsforurening /3/.
<i>Indsætning</i>	er en hærdemetode, hvor emnets overflade beriges med kulstof, nitrogen eller bor. Indsætningen kan udføres ved hjælp af enten et fast, flydende eller gasformigt medium, f.eks. natriumcyanid og bariumchlorid /2/.
<i>Klipning</i>	Man deler et emne i to eller flere stykker med et saksli-gnende redskab /3/.
<i>Koldretning</i>	Det område af emnet, der på grund af varmepåvirkning er krympet, overhamres. På den måde strækkes det krympede område, så det får den oprindelige længde /3/.
<i>Laserskæring</i>	Er en termisk proces, hvor en laserstråle (med minimal varmepåvirkning af snitfladerne) smelter og fordamper materialet og blæser det igennem snitfugen ved hjælp af en gas /3/.
<i>Loddemiddel</i>	Der findes mange forskellige loddemidler. Valg af lod

afhænger bl.a. af den brudstyrke, der ønskes i forhold til emnets form og størrelse, af den temperatur det færdige emne kan blive udsat for og f.eks. af farven på den færdige lodning. Stål kan f.eks. loddes med sølv-, messing- og kobberlod, og kobber kan loddes med sølv-, fosforkobber- og messinglod.

- Lodning* Lodning er en sammenføjning af to metaldele, udført ved hjælp af et tilsatsmateriale (lod), som har en anden kemisk sammensætning end grundmaterialet. Loddet har en lavere smeltetemperatur end grundmaterialet. I modsætning til gassvejsning, hvor tilsatstråden stort set har den samme kemiske sammensætning som grundmaterialet.
- Lokning* Når det er den del af emnet, der bliver tilbage i værktøjet, der skal bruges. Man lokker et hul i en plade /3/.
- Plasmaskæring* Plasmaskæring anvendes til alle elektrisk ledende metaller (især tynde stålplader og rustfast stål). Plasma er en luftart, der er tilført energi. Energien udløses på emnet med temperaturer på op til 20.000 °C. Emnet smelter og blæses væk af plasmastrålen, der brænder med flere gange lydens hastighed. Plasmaskæring resulterer i en konisk spalte, der ofte er bredere end ved flammeskæring. Den varmepåvirkede zone er relativt smal og forårsager kun små deformationer /3/.
- Retning* Kan sidestilles med bukning og valsning, blot med den forskel, at når man retter, så starter man med et materiale, der er bukket (skævt), og skulle gerne ende med et materiale, der er fuldstændig lige /3/.
- Smedning* Ved smedning opvarmes emnet (typisk stål) og formes. Ikke alle materialer kan smedes f.eks. ikke smedegods og rustfrit stål, hvorimod stål, kobber og aluminium er smedelige ved forskellige temperaturer. Smedeligheden afhænger af indholdet af kulstof (C). Stål med lavt kulstofindhold er mere og bedre smedeligt end stål med højt kulstofindhold /3/.
- Spånløs bearbejdning* Bearbejdningsform, som ikke fjerner noget materiale (eksempelvis spåner) af det emne, man arbejder på.

<i>Spåntagende bearbejdning</i>	Bearbejdningsform, som fjerner materiale (eksempelvis spåner) af det emne, man arbejder på.
<i>Standning</i>	Når det er den del af emnet, der forlader værktøjet, der skal bruges /3/.
<i>Valsning</i>	Ved valsning køres metallet gennem en maskine med tre valser. Herved opnås runde buk – man valser /3/.
<i>Vandstråleskæring</i>	Skæring med vandstråle opblandet med slibemiddel (sand) anvendes til skæring i selv hårde metaller. Den væsentligste fordel er, at processen ikke opvarmer emnet under bearbejdningen /3/.
<i>Varmbukning</i>	Princippet ved varmbukning er, at man opvarmer den del af emnet, der skal bukkes /3/.
<i>Varmretning</i>	Ved varmretning eller flammeretning som det også kaldes, udnyttes den krympning, som fremkommer ved opvarmning af emnet /3/.

Bilag 2

Datablade for udvalgte kemiske stoffer

I dette bilag findes datablade for følgende stoffer:

- Antimon
- Barium
- Benz(a)pyren
- Benzen
- Benzin
- Bly
- Cadmium
- Chrom
- Ethylbenzen
- Fyringsolie
- Kobber
- Kviksølv
- Meta-xylen
- Nikkel
- Ortho-xylen
- Para-xylen
- Sølv
- Toluen
- Xylen
- Zink

Databladene giver oplysninger om stoffernes kemiske formler, tilstandsformer, fysisk-kemiske egenskaber som molvægt, densitet, kogepunkt, vandopløselighed, damptryk og oktanol-vand fordelingskoefficient, hvor oplysningerne har været tilgængelige. Desuden er stofferne klassificeret ud fra ”Bekendtgørelse om listen over farlige stoffer”, Miljøstyrelsen, Bekendtgørelse nr. 733 af 31/7 2000. Hvor Miljøstyrelsen har opstillet et kvalitetskriterium, er dette anført.

I slutningen af dette bilag er faresymboler og risikovurderinger listet.

Navn	Acetone	Enhed
Synonym	2-propanon	
CAS nr.	67-64-1	
Kemisk formel	C ₃ H ₆ O	
Tilstandsform	Klar farveløs væske	
Molvægt	58,08	g/mol
Densitet	0,791	g/mL
Kogepunkt	56,2	°C
Vandopløselighed	Blandbar	mg/L
Damptryk	89 (5 °C), 181 (20 °C)	mm Hg
Oktanolvand fordelingsforhold (log)	-0,24	
Klassificering	F; R11 Xi, R36 R66 R67	
Kvalitetskriterier		
Jord	-	mg/kg TS
Grundvand	10	µg/L
Afdampning	0,4	mg/m ³
B-værdi	0,4	mg/m ³
At-værdi	600	mg/m ³

Navn	Antimon	Enhed
Kemisk betegnelse	Sb	
Atomnummer	51	
Synonym	Stiban, stibonium	
CAS-nr.	7440-36-0	
Generelt	Antimon er et naturligt forekommende metalloid fra samme kemiske hovedgruppe som arsen og fosfor og anvendes i dag primært som flammehæmmere i plast, tekstiler mv.	
Optræder i følgende oxidationstrin	Antimon optræder på følgende oxidationsstrin: -3, 0, +3 og +5, hvor +3 og +5 er de typiske.	
Mest forekommende ioner i jord/vand	Typiske forbindelser er sulfid-, hydroxid- eller oxidforbindelser (Sb(OH)_3 eller Sb(OH)_6^-). Metallisk antimon er uopløseligt i vand mens f.eks. oxid- og sulfidforbindelserne er svagt opløselige i vand.	
Redoxforhold	Ingen data.	
Udfældning/opløselighed	Det er primært udfældninger med oxider af Fe, Al og Mn, som har betydning for antimonens opførsel i jord og grundvand.	
Sorption	Sorption er vigtigt for antimonens fordeling og tilbageholdelse i jord. Sorptionen påvirkes af biomethyleringen af antimon, der kan gøre forbindelserne mere mobile.	
Kompleksring	Dannelse af komplekser med organiske stoffer anses ikke for betydende for den samlede skæbne i miljøet. Mobiliteten kontrolleres af binding til ler og mineraler.	
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Antimonforbindelserne er generelt klassificeret som sundhedsskadelige (Xn;R20/22) og miljøfarlige (N;R51/53). Visse antimonforbindelser har dog særskilt klassificering: Antimontrioxid er klassificeret som kræftfremkaldende (Carc.3;R40) og antimontriflourid som giftig og miljøfarlig.	
Kvalitetskriterier		
Jord	Intet kriterium	
Grundvand	Intet kriterium	
Afdampning	Intet kriterium	
B-værdi	0,001	mg/m ³
At-værdi	0,5	mg/m ³

Navn	Barium	Enhed
Kemisk betegnelse	Ba	
Atomnummer	56	
Atomvægt	137,36	g/mol
Synonym		
CAS-nr.	7440-39-3	
Generelt	Barium er et sølv-gråt metal, som oxiderer i luft og reagerer med vand med dannelse af bariumhydroxid. Bariumioner er farveløse, og klorid- og nitratsalte er opløselige i vand. Bariumcarbonat har lav opløselighed i vand, men er opløseligt i fortyndede syrer. Bariumsulfat er uopløseligt i alle opløsninger. Barium udgør 0,05 % af jordskorpen. Mineralen barite anvendes i olie- og gasudvinning. Barium anvendes ved fremstilling af bariumforbindelser som anvendes i glas, maling, plastmaterialer, stål, dieselolie, mursten, gummiprodukter og pesticider.	
Optræder i følgende oxidationstrin	Gruppe 2 i den periodiske tabel. Barium kan sammenlignes med calcium (Ca) og strontium (Sr) og optræder	
Mest forekommende ioner i jord/vand	Findes som Ba(+II)	
Typisk konc. i luft.	Frigives ved emission fra industrien og ved forbrænding af fossilt brændsel I byområder er der i USA målt	
Typisk konc. i jord	Sand: 80- 266 mg/kg. Silt: 168 - 416 mg/kg. Ler: 466 - 525 mg/kg. Gennemsnit, USA 440 mg/kg. Barium forekommer i jorden som mineral barite (BaSO ₄) og i mindre mængder som witherite (BaCO ₃). Kalk og sulfat immobiliserer bariumioner på grund af den lave opløselighed af BaCO ₃ og BaSO ₄ .	
Typisk konc. i vand	I dansk grundvand 1998- 2002 er målt 40-90 µg/l. I havvand er koncentrationer væsentlig højere, f.eks. 2 -	
Flygtighed	-	
Udfældning/opløselighed	I akvatiske omgivelser udfældes barium som carbonat eller sulfat. Bariumsalte er derfor ikke mobile i kalkholdig jord, men er mere mobile i form af bariumchlorid i kalkfattig jord.	
Sorption	Barium kan akkumulere i manganoxider i jorden. Barium kan erstatte kalium (K) i mica og feldspat.	
Kompleksring	Lossepladsperskolat med indhold af fedtsyrer kan mobilisere bariumsalte, men indhold af humus- og fulvussyrer har ingen betydning for mobilitet.	
Klassificering	Bariumforbindelserne er generelt klassificeret som sundhedsskadelige (Xn; R20/22). Visse bariumforbindelser har dog særskilt klassificering, f.eks. er bariumchlorat, bariumperchlorat, bariumperoxid klassificeret som brandnærende; bariumchlorid og -dichlorid er klassificeret som giftig T; R25, og bariumsulfid er desuden miljøfarlig og meget giftig for vandlevende organismer (N; R50).	

Navn	Barium	Enhed
Kvalitetskriterier		
Jord	Intet kriterium	
Grundvand	Drikkevandskriteriet på 700 µg/l ved indgang til ejendomme og 700 µg/l ved forbrugers hane 700 µg/l	
Afdampning	Intet kriterium	
B-værdi	Barium, uorg.: 0,005	mg/m ³
At-værdi	Bariumforbindelser (opløselige) 0,5	mg/m ³

Navn	Benz(a)pyren	Enhed
Synonym	Benzo(a)pyren	
CAS nr.	50-32-8	
Kemisk formel	C ₂₀ H ₁₂	
Tilstandsform	Gul, krystallinsk masse	
Molvægt	252,3	g/mol
Densitet		
Kogepunkt	496	°C
Vandopløselighed	0,0038	mg/L
Damptryk	7,3 · 10 ⁻⁷	Pa
Oktanolvand fordelingsforhold (log)	6,5	
Klassificering	Car2;R45 Mut2;R46 Rep2;R60-61 N;R50/53	
Kvalitetskriterier		
Jord	0,1	mg/kg TS
Grundvand	-	µg/L
Afdampning	-	mg/m ³
B-værdi	-	mg/m ³
At-værdi	-	mg/m ³

Navn	Benzen	Enhed
Synonym	Benzol	
CAS nr.	71-43-2	
Kemisk formel	C ₆ H ₆	
Tilstandsform	Klar, farveløs væske	
Molvægt	78,11	g/mol
Densitet	0,8787	g/mL
Kogepunkt	80,1	°C
Vandopløselighed	1.780 (ved 20 °C)	mg/L
Damptryk	76 (ved 20 °C) 60 (ved 15 °C)	mm Hg
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log)	2,13	
Klassificering	Carc 1; R45, F; R11, T; R48/23/24/25	
Kvalitetskriterier		
Jord	1,5	mg/kg TS
Grundvand	1	µg/L
Afdampning	0,00013	mg/m ³
B-værdi	0,005	mg/m ³
At-værdi	1,6	mg/m ³

Navn	Benzin	Enhed
Synonymer	Gasoline, naphtha, motorbenzin, petrol	
CAS nr.	-	
Kemisk formel	-	
Tilstandsform	Farveløs væske	
Molvægt	Gennemsnit ca. 100	g/mol
Densitet	0,75	g/ml
Kogepunkt	25-225	°C
Vandopløselighed	Ca. 200	mg/L
Damptryk	395-775 (ved 20°C)	mm Hg
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log)	-	
Klassificering iht. "liste over farlige stoffer"	-	
Kvalitetskriterier i:		
Jord	25	mg/kg TS
Grundvand	9	µg/L
Afdampning	0,1	mg/m ³
B-værdi	0,1	mg/m ³
At-værdi	-	mg/m ³

Navn	Bly	Enhed
Synonym		
CAS nr.	7439-92-1	
Kemisk formel	Pb	
Tilstandsform	Fast, sølvhvidt metal	
Molvægt	207,2	g/mol
Densitet		
Kogepunkt	1740	°C
Vandopløselighed	Uopløseligt	mg/L
Damptryk	-	
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log)	-	
Klassificering	Klassificeres generelt som sundhedsskadelig og reproduktionsskadende. Enkelte blyforbindelser er klassificeret som kræftfremkaldende	
Kvalitetskriterier		
Jord	40	mg/kg TS
Grundvand	1	µg/L
Afdampning	-	mg/m ³
B-værdi	0,0004	mg/m ³
At-værdi	0,05	mg/m ³

Navn	Cadmium	Enhed
Kemisk betegnelse	Cd	
Atomnummer	48	
Generelt	Cadmium er et særdeles toksisk tungmetal for mennesker og de fleste andre organismer. Det gennemsnitlige humane indtag af cadmium er tæt på den anbefalede grænse, hvilket gør cadmium til det mest kritiske af tungmetallerne i forhold til menneskets sundhed.	
Optræder i følgende oxidationstrin	Cadmium forekommer på følgende oxidationstrin: 0 og + II	
Mest forekommende ioner i jord/vand	Cadmium optræder som divalent cadmium, Cd^{2+} i det terrestriske miljø.	
Redoxforhold	Redoxforhold har ikke praktisk betydning for cadmiums opførsel i det terrestriske miljø.	
Udfældning/ opløselighed	Cadmium kan udfældes som sulfider, carbonater, fosfater og hydroxider. Ved pH under 8 vil fordelingen af cadmium i jorden dog typisk være styret af sorption.	
Sorption	Sorption er den mest betydningsfulde proces for cadmiums opførsel i jord og grundvand. Den styrende parameter for cadmiums sorption i jord er pH, og undersøgelser har vist, at K_d -værdierne varierer fra 15 til 2450 l/kg i pH intervallet 4-9.	
Kompleksring	Cadmium danner komplekser med tetraederisk struktur. Liganderne kan være såvel uorganiske (chlorid, carbonat) som organiske. Under forhold, hvor jorden tilføres væsker med et højt indhold af organiske eller uorganiske ligander kan komplekseringen få betydning (f.eks. lossepladsperkolat)	
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Cadmiumforbindelser er generelt klassificeret som "sundhedsskadelige". Enkelte cadmiumforbindelser er klassificeret som "giftige" og/eller "kræftfremkaldende", f.eks. cadmiumsulfid.	
Kvalitetskriterier		
Jord	0,5	mg/kg TS
Grundvand	0,5	µg/L
Afdampning	-	
B-værdi	0,00001	mg/m ³
At-værdi	0,005	mg/m ³

Navn	Chrom	Enhed
Kemisk betegnelse	Cr	
Atomnummer	24	
Generelt	Chrom er et essentielt metal/ mineral for mennesker, men kan give allergiske reaktioner i højere koncentrationer.	
Optræder i følgende oxidationstrin	Chrom forekommer på følgende oxidationstrin: 0 +II +III +VI. I salte er +III det hyppigst forekommende. Chromforbindelser, hvor chrom er i oxidationstrin +II, er ustabile.	
Mest forekommende ioner i jord/vand	Cr(+III) findes som trivalent chrom, Cr^{3+} , mens Cr(+VI) i det terrestriske miljø findes som anionen chromat, CrO_4^{2-} eller $HCrO_4^-$.	
Redoxforhold	Redoxforhold har stor betydning for chroms opførsel i jord og grundvand, da Cr(+VI) er mere mobilt end Cr(+III) pga. dannelsen af oxyanioner. Endvidere er Cr(+VI)forbindelser mere toksiske end Cr(+III).	
Udfældning/ Opløselighed	Udfældning har betydning for Cr(+III)forbindelsers opførsel i jord og grundvand, da Cr(+III) kan udfældes som hydroxid. Cr(+VI) vil under de fleste miljørelevante forhold findes i opløsning, dog med udfældning af bariumchromat som mulig undtagelse.	
Sorption	Sorption har mindre betydning for chroms opførsel i jord og grundvand. Sorptionen af chromat er stigende ved faldende pH, men sorptionen er afhængig af konkurrencen fra andre anioner, f.eks. fosfat.	
Kompleksring	Cr(+III) danner villigt komplekser, men kun hydroxykomplekser har praktisk betydning i miljøet. Cr(+VI) danner ikke komplekser, da det optræder som anion.	
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Chrom(+VI) forbindelser som f.eks. chromtrioxid er klassificeret som "kræftfremkaldende".	
Kvalitetskriterier		
Jord	Chrom, total: 500 Chrom (VI): 20	mg/kg TS
Grundvand	Chrom, total: 25 Chrom (VI): 1	µg/L
Afdampning	-	
B-værdi	Chrom, total: 0,001 Chrom (VI): 0,0001	mg/m ³
At-værdi	0,5	mg/m ³

Navn	Ethylbenzen	Enhed
Synonymer	Phenylethan	
CAS nr.	100-41-4	
Kemisk formel	C ₈ H ₁₀	
Tilstandsform	farveløs væske	
Molvægt	106,17	g/mol
Densitet	0,867	g/ml
Kogepunkt	136,2	°C
Vandopløselighed	140 (ved 15 °C) 152 (ved 20 °C)	mg/L
Damptryk	7 (ved 20 °C) 12 (ved 30 °C)	mmHg
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log)	3,15	
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	F;r11 Xn;r20 konc. ≤ 25%: Xn	
Kvalitetskriterier		
Jord	-	mg/kg TS
Grundvand	-	µg/L
Afdampning	-	mg/m ³
B-værdi	-	mg/m ³
At-værdi	217	mg/m ³

Navn	Fyringsolie	Enhed
Synonymer	Fyringsgasolie	
CAS nr.	-	
Kemisk formel	-	
Tilstandsform	Rød/blå væske	
Molvægt	-	
Densitet	0,85	g/ml
Kogepunkt	180-380	°C
Vandopløselighed	6	mg/L
Damptryk	4	mmHg
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log)	-	
Klassificering iht. "liste over farlige stoffer"	Brandfarlig, sundhedsskadelig og kræftfremkaldende	
Kvalitetskriterier		
Jord (C ₅ -C ₃₅)	100	mg/kg TS
Grundvand	9	µg/L
Afdampning til luften	-	mg/m ³
B-værdi	-	mg/m ³
At-værdi	-	mg/m ³

Navn	Isopropanol	Enhed
Synonym	2-propanol, isopropylalkohol	
CAS nr.	67-63-0	
Kemisk formel	C ₃ H ₈ O	
Tilstandsform	Farveløs væske	
Molvægt	60,10	g/mol
Densitet	0,785	g/mL
Kogepunkt	82,4	°C
Vandopløselighed	Blandbar	g/L
Damptryk	32 (20°C)	mm Hg
Oktanol-vand fordelingsforhold (log)	-0,16	
Klassificering	F; R11 Xi; R36, R67	
Kvalitetskriterier		
Jord	-	mg/kg TS
Grundvand	10	µg/L
Afdampning	1	mg/m ³
B-værdi	-	mg/m ³
At-værdi	490	mg/m ³

Navn	Kobber	Enhed
Kemisk betegnelse	Cu	
Atomnummer	29	
Generelt	Kobber er et af de vigtigste grundstoffer for både mennesker og planter, og er kun toksisk i høje koncentrationer.	
Optræder i følgende oxidationstrin	Kobber forekommer på følgende oxidationstrin: 0, +I og +II, med +II som det hyppigst forekommende i salte.	
Mest forekommende ioner i jord/vand	Kobber findes fortrinsvist som Cu^{2+} i miljømæssig sammenhæng, da Cu^+ er meget ustabil i vand og derfor kun vil være relevant som uopløseligt Cu_2S under kraftigt reducerende forhold.	
Redoxforhold	Redoxforhold har ingen praktisk betydning for kobbers opførsel i jord og grundvand.	
Udfældning/ Opløselighed	Det er primært udfældninger med sulfid, som har betydning for kobbers opførsel i jord og grundvand.	
Sorption	Sorption er meget vigtigt for kobbers fordeling og tilbageholdelse i jord. Sorption af kobber er afhængig af pH og K_d værdierne for kobber er relativt høje (i størrelsesorden 1.000 l/kg).	
Kompleksring	Kompleksdannelse har stor betydning for kobbers opførsel i det terrestriske miljø. Kobber danner komplekser med såvel organiske som uorganiske ligander. Specielt danner kobber komplekser med organisk stof (fulvuskomplekser), men også hydroxy- og carbonatkomplekser har betydning.	
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Kobbersulfat, kobber(I)chlorid, kobber(I)oxid samt kobbernaphthenat er klassificeret som "sundhedsskadelige".	
Kvalitetskriterier		
Jord	500	mg/kg
Grundvand	100	$\mu\text{g/L}$
Afdampning	-	
B-værdi	0,01	mg/m^3
At-værdi	1	mg/m^3

Navn	Kviksølv	Enhed
Synonym	Metallisk kviksølv	
CAS nr.	7439-97-6	
Kemisk formel	Hg	
Tilstandsform	Sølvagtig flydende væske	
Molvægt	200,59	g/mol
Densitet	13,5	g/mL
Kogepunkt		
Vandopløselighed	$6 \cdot 10^{-6}$ (25°C)	
Damptryk	$1,22 \cdot 10^{-3}$	mm Hg
Oktanolvand fordelingsforhold (log)	-	
Klassificering	T;R23 R33 N;R50/53	
Kvalitetskriterier		
Jord	1	mg/kg TS
Grundvand	0,1	µg/L
Afdampning	-	mg/m ³
B-værdi	0,0001	mg/m ³
At-værdi	0,025	mg/m ³

Navn	Meta-xylene	Enhed
Synonymer	m-xylene, 1,3-dimethylbenzen, m-dimethylbenzen, 1,3-xylene, m-xylol	
CAS nr.	108-38-3	
Kemisk formel	$C_6H_4(CH_3)_2$	
Tilstandsform	farveløs væske	
Molvægt	106,16	g/mol
Densitet	0,864	g/ml
Kogepunkt	139	°C
Vandopløselighed	135 (ved 20 °C)	mg/L
Damptryk	6 (ved 20 °C) 11 (ved 30 °C)	mmHg
Oktanolvand fordelingsforhold (log)	3,20	
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	R10 Xn;R20/21 Xi;R38	
Kvalitetskriterier		
Jord	-	mg/kg TS
Grundvand	5	µg/L
Afdampning	0,1	mg/m ³
B-værdi	0,1	mg/m ³
At-værdi	109	mg/m ³

Navn	Mineralsk terpentin	Enhed
Synonym	-	
CAS nr.	8052-41-3	
Kemisk formel	-	
Tilstandsform	Farveløs væske	
Molvægt ¹	Gennemsnit ca. 150	g/mol
Densitet	0,78	g/mL
Kogepunkt	150-200	°C
Vandopløselighed	<0,1 wt%	
Damptryk	4,4	mm Hg
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log)	-	
Klassificering	Carc2; R45, R10, Xn; R48/20-65	
Kvalitetskriterier		
Jord	25	mg/kg TS
Grundvand	9	µg/L
Afdampning	0,03	mg/m ³
B-værdi	0,2	mg/m ³
At-værdi	145	mg/m ³

Navn	Nikkel	Enhed
Kemisk betegnelse	Ni	
Atomnummer	28	
Generelt	Nikkel er et essentielt grundstof for mange planter og dyr. Der har i en årrække været fokus på nikkel som følge af mange tilfælde af nikkelallergi.	
Optræder i følgende oxidationstrin	Nikkel forekommer på følgende oxidationstrin: 0, +II og +III. Oxidationstrin +II er mest almindeligt i salte.	
Mest forekommende ioner i jord/vand	Nikkel findes som Ni ²⁺ i det terrestriske miljø.	
Redoxforhold	Redoxprocesser har ingen betydning for nikkels opførsel i jord og grundvand.	
Udfældning/ Opløselighed	Opløseligheden af nikkel i det terrestriske miljøer kan potentielt styres af sulfider og i mindre grad hydroxider og carbonater.	
Sorption	Sorption har stor betydning for nikkels fordeling i jord og grundvand. Også for sorption af nikkel er pH den dominerende faktor. Regressionsligning til estimation af K _d -værdier for nikkel afhængig af pH findes i litteraturen.	
Kompleksring	Kompleksdannelse er vigtigt for nikkels fordeling i jord og grundvand. Nikkel danner komplekser med uorganiske ligander som chlorid og carbonat samt med organiske ligander. Dannelse af nikkelkomplekser i matricer med højt indhold af organiske stof vil kunne øge nikkels mobilitet.	
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Nikkel, nikkelcarbonat, nikkelcarbonyl, nikkeldihydroxid, nikkeldioxid, nikkelmonooxid, nikkelsulfat og nikkelsulfid er klassificeret som "kræftfremkaldende". Nikkelcarbonat, nikkeldihydroxid og nikkelsulfat er endvidere klassificeret som "sundhedsskadeligt".	
Kvalitetskriterier		
Jord	30	mg/kg TS
Grundvand	10	µg/L
Afdampning	-	
B-værdi	0,0001	mg/m ³
At-værdi	0,05	mg/m ³

Navn	Ortho-xylene	Enhed
Synonymer	o-xylene, 1,2-dimethylbenzen, o-dimethylbenzen, 1,2-xylene, o-xylol	
CAS nr.	95-47-6	
Kemisk formel	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	
Tilstandsform	farveløs væske	
Molvægt	106,17	g/mol
Densitet	0,88	g/ml
Kogepunkt	144,4	°C
Vandopløselighed	175 (ved 20 °C)	mg/l
Damptryk	5 (ved 20 °C) 9 (ved 30 °C)	mmHg
Oktanolvand fordelingsforhold (log)	2,77	
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	R10 Xn;R20/21 Xi;R38	
Kvalitetskriterier		
Jord	-	mg/kg TS
Grundvand	5	µg/L
Afdampning	0,1	mg/m ³
B-værdi	0,1	mg/m ³
At-værdi	109	mg/m ³

Navn	Para-xylen	Enhed
Synonymer	p-xylen, 1,4-dimethylbenzen, p-dimethylbenzen, 1,4-xylen, p-xylo	
CAS nr.	106-42-3	
Kemisk formel	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	
Tilstandsform	farveløs væske	
Molvægt	106,17	g/mol
Densitet	0,86	g/ml
Kogepunkt	138,4	°C
Vandopløselighed	198 (ved 25 °C)	mg/L
Damptryk	6,5 (ved 20 °C) 12 (ved 30 °C)	mmHg
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log)	3,15	
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	R10 Xn;r20/21 Xi;38	
Kvalitetskriterier		
Jord	-	mg/kg TS
Grundvand	5	µg/L
Afdampning	0,1	mg/m ³
B-værdi	0,1	mg/m ³
At-værdi	109	mg/m ³

Navn	PCB	Enhed
Synonym	Polychlorerede biphenyler	
CAS nr.	1336-36-3	
Kemisk formel	C ₁₂ H _{10-n} Cl _n	
Tilstandsform	Gullig olielignende væske	
Molvægt	188-494	g/mol
Densitet	-	g/mL
Kogepunkt*	171-320	°C
Vandopløselighed	0,0013-6.000	lg/L
Damptryk	1·10 ⁻⁷ -6,5·10 ⁻⁴	mm Hg
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log)	4,5-8,3	
Klassificering	Xn; R33, N; R50/53	
Kvalitetskriterier		
Jord	-	mg/kg TS
Grundvand	-	µg/L
Afdampning	-	mg/m ³
B-værdi	-	mg/m ³
At-værdi	0,01	mg/m ³

Navn	Sølv	Enhed
Kemisk betegnelse	Ag	
Atomnummer	47	
Synonym		
CAS-nr.	7440-22-4	
Generelt	Sølv forekommer naturligt i jorden og de primære anvendelser er til smykke-, foto- og elektronikindustrien. Sølv er meget toksisk overfor mikroorganismer.	
Optræder i følgende oxidationstrin	Sølv optræder på følgende oxidationstrin: 0, +1, +2, +3.	
Mest forekommende ioner i jord/vand		
Redoxforhold		
Udfældning/ Opløselighed	Metallisk sølv er uopløseligt. Sølvnitrat (CAS nr. 7761-88-8) har en opløselighed på 2160 mg/L.	
Sorption	Sølv bindes meget hårdt til jorden. Sorption er dog aftagende med faldende pH og med faldende indhold af organisk stof i jorden.	
Kompleksering		
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Metallisk sølv er ikke klassificeret, sølvbromid er ikke klassificeret, sølvnitrat: C;R34 N;R50/53	
Kvalitetskriterier		
Jord	1	mg/kg TS
Grundvand	-	
Afdampning	-	
B-værdi	-	
At-værdi	0,01	mg/m ³

Navn	Toluen	Enhed
Synonym	Methylbenzen	
CAS nr.	108-88-3	
Kemisk formel	C ₇ H ₈	
Tilstandsform	Farveløs væske	
Molvægt	92,1402	g/mol
Densitet	0,867	g/mL
Kogepunkt	110,6	°C
Vandopløselighed	526	mg/L
Damptryk	22	mm Hg
Oktanolvand fordelingsforhold (log)	-	
Klassificering	F;R11 Xn;R20	
Kvalitetskriterier		
Jord	-	mg/kg TS
Grundvand	5	µg/L
Afdampning	0,4	mg/m ³
B-værdi	0,4	mg/m ³
At-værdi	94	mg/m ³

Navn	Xylen	Enhed
Synonym	Dimethylbenzen	
CAS nr.	1330-20-7	
Kemisk formel	C ₈ H ₁₀	
Tilstandsform	Farveløs væske	
Molvægt	106,16	g/mol
Densitet	0,86	g/mL
Kogepunkt	137-140	°C
Vandopløselighed	Uopløselig; 175	mg/L
Damptryk	5,1	mm Hg
Oktanolvand fordelingsforhold (log)	2,77	
Klassificering	R10 Xn;R20/21 Xi;R38	
Kvalitetskriterier		
Jord	-	mg/kg TS
Grundvand	5	µg/L
Afdampning	0,1	mg/m ³
B-værdi	0,1	mg/m ³
At-værdi	109	mg/m ³

Navn	Zink	Enhed
Kemisk betegnelse	Zn	
Atomnummer	30	
Generelt	Zink er et essentielt metal, som kun er toksisk overfor mennesker ved indtag i særdeles høje koncentrationer. Kemisk har zink stor lighed med cadmium, og de optræder sammen i miljøet, men typisk forekommer zink i 100 til 1.000 gange højere koncentrationer.	
Optræder i følgende oxidationstrin	Zink forekommer på følgende oxidationstrin: 0 og +II.	
Mest forekommende ioner i jord/vand	Zink forekommer som divalente ioner Zn^{2+} i det terrestriske miljø.	
Redoxforhold	Redoxforhold har ingen praktisk betydning for zink i miljøet.	
Udfældning/ Opløselighed	Zink kan udfældes som sulfider, fosfater, carbonater og hydroxider, men ved pH-værdier under 8 vil fordelingen af zink i jorden typisk ikke være styret af udfældninger.	
Sorption	Sorption er den vigtigste proces for zinks fordeling i jord og vand. Sorption af zink er næsten udelukkende afhængig af pH. K_d -værdier op 1-3.540 er fundet, og zinks sorption udviser en stærkere pH afhængighed end både kobber og nikkel, således at en stigning i pH på én enhed medfører at K_d øges med en faktor 8.	
Kompleksering	Zink danner komplekser med tetraederisk struktur. Som ligander kan både uorganiske (chlorid, carbonat) og organiske stoffer fungere. Zinkkomplekser med organiske stoffer er mindre stabile end de tilsvarende komplekser af kobber, nikkel og bly.	
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Zinksalte af visse anioner som f.eks. zinkcyanid, -chromat, -phosphid og -arsenat er optaget på listen over farlige stoffer pga. anionerne. Zinkchlorid er klassificeret som "ætsende" og zinkstøv/zinkpulver er klassificeret som "brandfarligt". Visse organiske zinkforbindelser er klassificeret som "sundhedsskadelige". Øvrige zinkforbindelser er ikke nævnt.	
Kvalitetskriterier		
Jord	500	mg/kg TS
Grundvand	100	µg/L
Afdampning	-	
B-værdi	0,06	mg/m ³
At-værdi	-	

FARESYMBOLER OG FAREBETEGNELSER

T+



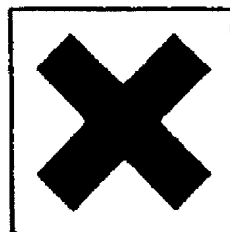
Meget giftig

T



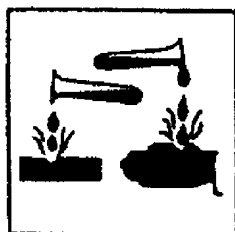
Giftig

Xn



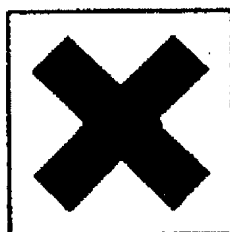
Sundhedsskadelig

C



Ætsende

XI



Lokalirriterende

E



Eksplodiv

F+



Yderst brandfarlig

F



Meget brandfarlig

O



Brandnærende

N



Miljøfarlig

R- Sætninger:

- R1 Eksplosiv i tør tilstand
- R2 Eksplosionsfarlig ved stød, gnidning, ild eller andre antændelseskilder
- R3 Meget eksplosionsfarlig ved stød, gnidning, ild eller andre antændelseskilder
- R4 Danner meget følsomme eksplosive metalforbindelser
- R5 Eksplosionsfarlig ved opvarmning
- R6 Eksplosiv ved og uden kontakt med luft
- R7 Kan forårsage brand
- R8 Brandfarlig ved kontakt med brandbare stoffer
- R9 Eksplosionsfarlig ved blanding med brandbare stoffer
- R10 Brandfarlig
- R11 Meget brandfarlig
- R12 Yderst brandfarlig
- R14 Reagerer voldsomt med vand
- R15 Reagerer med vand under dannelse af yderst brandfarlige gasser
- R16 Eksplosionsfarlig ved blanding med oxiderende stoffer
- R17 Selvantændelig i luft
- R18 Ved brug kan brandbare dampe/eksplosive damp- luftblandinger dannes
- R19 Kan danne eksplosive peroxider
- R20 Farlig ved indånding
- R21 Farlig ved hudkontakt
- R22 Farlig ved indtagelse
- R23 Giftig ved indånding
- R24 Giftig ved hudkontakt
- R25 Giftig ved indtagelse
- R26 Meget giftig ved indånding
- R27 Meget giftig ved hudkontakt
- R28 Meget giftig ved indtagelse
- R29 Udvikler giftig gas ved kontakt med vand
- R30 Kan blive meget brandfarlig under brug
- R31 Udvikler giftig gas ved kontakt med syre
- R33 Udvikler meget giftig gas ved kontakt med syre
- R33 Kan ophobes i kroppen efter gentagen brug
- R34 Ætsningsfare
- R35 Alvorlig ætsningsfare
- R36 Irriterer øjnene
- R37 Irriterer åndedrætsorganerne
- R38 Irriterer huden
- R39 Fare for varig alvorlig skade på helbred
- R40 Mulighed for kræftfremkaldende effekt
- R41 Risiko for alvorlig øjenskade
- R42 Kan give overfølsomhed ved indånding
- R43 Kan give overfølsomhed ved kontakt med huden
- R44 Eksplosionsfarlig ved opvarmning under indeslutning

R45	Kan fremkalde kræft
R46	Kan forårsage arvelige genetiske skader
R48	Alvorlig sundhedsfare ved længere tids påvirkning
R49	Kan fremkalde kræft ved indånding
R50	Meget giftig for organismer, der lever i vand
R51	Giftig for organismer, der lever i vand
R52	Skadelig for organismer, der lever i vand
R53	Kan forårsage uønskede langtidsvirkninger i vandmiljøet
R54	Giftig for planter
R55	Giftig for dyr
R56	Giftig for organismer i jordbunden
R57	Giftig for bier
R58	Kan forårsage uønskede langtidsvirkninger i miljøet
R59	Farlig for ozonlaget
R60	Kan skade forplantningsevnen
R61	Kan skade barnet under graviditeten
R62	Mulighed for skade på forplantningsevnen
R63	Mulighed for skade på barnet under graviditeten
R64	Kan skade børn i ammeperioden
R65	Farlig: kan give lungeskade ved indtagelse
R66	Gentagen udsættelse kan give tør eller revnet hud
R67	Dampe kan give sløvhed og svimmelhed
R68	Mulighed for varig skade på helbred

Kombinationer af R-sætninger:

R14/15	Reagerer voldsomt med vand under dannelse af yderst brandfarlige gasser
R15/29	Reagerer med vand under dannelse af giftige og yderst brandfarlige gasser
R20/21	Farlig ved indånding og ved hudkontakt
R20/22	Farlig ved indånding og ved indtagelse
R20/21/22	Farlig ved indånding, ved hudkontakt og ved indtagelse
R21/22	Farlig ved hudkontakt og ved indtagelse
R23/24	Giftig ved indånding og ved hudkontakt
R23/25	Giftig ved indånding og ved indtagelse
R23/24/25	Giftig ved indånding, ved hudkontakt og ved indtagelse
R24/25	Giftig ved hudkontakt og ved indtagelse
R26/27	Meget giftig ved indånding og ved hudkontakt
R26/28	Meget giftig ved indånding og ved indtagelse
R26/27/28	Meget giftig ved indånding, ved hudkontakt og ved indtagelse
R27/28	Meget giftig ved hudkontakt og ved indtagelse
R36/37	Irriterer øjnene og åndedrætsorganerne
R36/38	Irriterer øjnene og huden
R36/37/38	Irriterer øjnene, åndedrætsorganerne og huden
R37/38	Irriterer åndedrætsorganerne og huden
R39/23	Giftig: fare for varig alvorlig skade på helbred ved indånding
R39/24	Giftig: fare for varig alvorlig skade på helbred ved hudkontakt

- R39/25 Giftig: fare for varig alvorlig skade på helbred ved indtagelse
- R39/23/24 Giftig: fare for varig alvorlig skade på helbred ved indånding og hudkontakt
- R39/23/25 Giftig: fare for varig alvorlig skade på helbred ved indånding og indtagelse
- R39/24/25 Giftig: fare for varig alvorlig skade på helbred ved hudkontakt og indtagelse
- R39/23/24/25 Giftig: fare for varig alvorlig skade på helbred ved indånding, hudkontakt og indtagelse
- R39/26 Meget giftig: fare for varig alvorlig skade på helbred ved indånding
- R39/27 Meget giftig: fare for varig alvorlig skade på helbred ved hudkontakt
- R39/28 Meget giftig: fare for varig alvorlig skade på helbred ved indtagelse
- R39/26/27 Meget giftig: fare for varig alvorlig skade på helbred ved indånding og hudkontakt
- R39/26/28 Meget giftig: fare for varig alvorlig skade på helbred ved indånding og indtagelse
- R39/27/28 Meget giftig: fare for varig alvorlig skade på helbred ved hudkontakt og indtagelse
- R39/26/27/28 Meget giftig: fare for varig alvorlig skade på helbred ved indånding, hudkontakt og indtagelse
- R42/43 Kan give overfølsomhed ved indånding og ved kontakt med huden
- R48/20 Farlig: alvorlig sundhedsfare ved længere tids påvirkning ved indånding
- R48/21 Farlig: alvorlig sundhedsfare ved længere tids påvirkning ved hudkontakt
- R48/22 Farlig: alvorlig sundhedsfare ved længere tids påvirkning ved indtagelse
- R48/20/21 Farlig: alvorlig sundhedsfare ved længere tids påvirkning ved indånding og hudkontakt
- R48/20/22 Farlig: alvorlig sundhedsfare ved længere tids påvirkning ved indånding og indtagelse
- R48/21/22 Farlig: alvorlig sundhedsfare ved længere tids påvirkning ved hudkontakt og indtagelse
- R48/20/21/22 Farlig: alvorlig sundhedsfare ved længere tids påvirkning ved indånding, hudkontakt og indtagelse
- R48/23 Giftig: alvorlig sundhedsfare ved længere tids påvirkning ved indånding
- R48/24 Giftig: alvorlig sundhedsfare ved længere tids påvirkning ved hudkontakt
- R48/25 Giftig: alvorlig sundhedsfare ved længere tids påvirkning ved indtagelse
- R48/23/24 Giftig: alvorlig sundhedsfare ved længere tids påvirkning ved indånding og hudkontakt

- R48/23/25 Giftig: alvorlig sundhedsfare ved længere tids påvirkning ved indånding og indtagelse
- R48/24/25 Giftig: alvorlig sundhedsfare ved længere tids påvirkning ved hudkontakt og indtagelse
- R48/23/24/25 Giftig: alvorlig sundhedsfare ved længere tids påvirkning ved indånding, hudkontakt og indtagelse
- R50/53 Meget giftig for organismer, der lever i vand; kan forårsage uønskede langtidsvirkninger i vandmiljøet
- R51/53 Giftig for organismer, der lever i vand; kan forårsage uønskede langtidsvirkninger vandmiljøet
- R52/53 Skadelig for organismer, der lever i vand; kan forårsage uønskede langtidsvirkninger i vandmiljøet
- R68/20 Farlig: mulighed for varig skade på helbred ved indånding
- R68/21 Farlig: mulighed for varig skade på helbred ved hudkontakt
- R68/22 Farlig: mulighed for varig skade på helbred ved indtagelse
- R68/20/21 Farlig: mulighed for varig skade på helbred ved indånding og hudkontakt
- R68/20/22 Farlig: mulighed for varig skade på helbred ved indånding og indtagelse
- R68/21/22 Farlig: mulighed for varig skade på helbred ved hudkontakt og indtagelse
- R68/20/21/22 Farlig: mulighed for varig skade på helbred ved indånding, hudkontakt og indtagelse

S- Sætninger:

- S1 Opbevares under lås
- S2 Opbevares utilgængeligt for børn
- S3 Opbevares køligt
- S4 Må ikke opbevares i nærheden af beboelse
- S5 Opbevares under . . . (en egnet væske, som angives af fabrikanten)
- S6 Opbevares under . . . (en inaktiv gas, som angives af fabrikanten)
- S7 Emballagen skal holdes tæt lukket
- S8 Emballagen skal opbevares tørt
- S9 Emballagen skal opbevares på et godt ventileret sted
- S12 Emballagen må ikke lukkes tæt
- S13 Må ikke opbevares sammen med fødevarer, drikkevarer og foderstoffer
- S14 Opbevares adskilt fra . . . (uforligelige stoffer, som angives af fabrikanten)
- S15 Må ikke udsættes for varme
- S16 Holdes væk fra antændelseskilder. Rygning forbudt
- S17 Holdes væk fra brandbare stoffer
- S18 Emballagen skal behandles og åbnes med forsigtighed
- S20 Der må ikke spises eller drikkes under brugen
- S21 Der må ikke ryges under brugen
- S22 Undgå indånding af støv

- S23 Undgå indånding af gas/ røg/ dampe/ aerosoltåger (den eller de pågældende betegnelser angives af fabrikanten)
- S24 Undgå kontakt med huden
- S25 Undgå kontakt med øjnene
- S26 Kommer stoffet i øjnene, skylles straks grundigt med vand og læge kontaktes
- S27 Tilsmudset tøj tages straks af
- S28 Kommer stof på huden vaskes straks med store mængder . . . (angives af fabrikanten)
- S29 Må ikke tømmes i kloakfløb
- S30 Hæld aldrig vand på eller i produktet
- S33 Træf foranstaltninger mod statisk elektricitet
- S35 Materialet og dets beholder skal bortskaffes på en sikker måde
- S36 Brug særligt arbejdstøj
- S37 Brug egnede beskyttelsehandsker under arbejdet
- S38 Brug egnet åndedrætsværn, hvis effektiv ventilation ikke er mulig
- S39 Brug beskyttelsesbriller/ ansigtsskærm under arbejdet
- S40 Gulvet og tilsmudsede genstande renses med . . . (midlerne angives af fabrikanten)
- S41 Undgå at indånde røgen ved brand eller eksplosion
- S42 Brug egnet åndedrætsværn ved rygning/ sprøjtning (den eller de pågældende betegnelser angives af fabrikanten)
- S43 Brug . . . ved brandslukning (den nøjagtige type brandslukningsudstyr angives af fabrikanten. Såfremt vand ikke må bruges tilføjes: »Brug ikke vand«)
- S45 Ved ulykkestilfælde eller ved ildebefindende er omgående lægebehandling nødvendig; vis etiketten, hvis det er muligt
- S46 Ved indtagelse, kontakt omgående læge og vis denne beholder eller etiket
- S47 Må ikke opbevares ved temperaturer på over . . . °C (angives af fabrikanten)
- S48 Holdes befugtet med . . . (passende middel angives af fabrikanten)
- S49 Må kun opbevares i den originale emballage
- S50 Må ikke blandes med . . . (angives af fabrikanten)
- S51 Må kun bruges på steder med god ventilation
- S52 Bør ikke anvendes til større flader i beboelses- eller opholdsrum
- S53 Undgå enhver kontakt indhent særlige anvisninger før brug
- S56 Aflever dette materiale og dets beholder til et indsamlingssted for farligt affald og problemaffald
- S57 Skal indesluttet forsvarligt for at undgå miljøforurening
- S59 Indhent oplysninger om genvinding/ genanvendelse hos fabrikanten/leverandøren
- S60 Dette materiale og dets beholder skal bortskaffes som farligt affald

- S61 Undgå udledning til miljøet. Se særlig vejledning/leverandørbrugsanvisning
- S62 Ved indtagelse undgå at fremprovokere opkastning: kontakt omgående læge og vis denne beholder eller etiket
- S63 Ved ulykkestilfælde ved indånding bringes tilskadekomne ud i frisk luft og holdes i ro
- S64 Ved indtagelse, skyl munden med vand (kun hvis personen er ved bevidsthed)

Kombinationer af S-sætninger:

- S1/2 Opbevares under lås og utilgængeligt for børn
- S3/7 Emballagen opbevares tæt lukket på et køligt sted
- S3/9/14 Opbevares køligt, godt ventileret og adskilt fra . . . (uforligelige stoffer angives af fabrikanten)
- S3/9/14/49 Må kun opbevares i originalemballagen på et køligt, godt ventileret sted og adskilt fra . . . (uforligelige stoffer angives af fabrikanten)
- S3/9/49 Må kun opbevares i originalemballagen på et køligt, godt ventileret sted
- S3/14 Opbevares køligt og adskilt fra . . . (uforligelige stoffer angives af fabrikanten)
- S7/8 Emballagen skal holdes tæt lukket og opbevares tørt
- S7/9 Emballagen skal holdes tæt lukket og opbevares på et godt ventileret sted
- S7/47 Emballagen skal holdes tæt lukket og opbevares ved temperaturer på ikke over . . . °C (angives af fabrikanten)
- S20/21 Der må ikke spises, drikkes eller ryges under brugen
- S24/25 Undgå kontakt med huden og øjnene
- S27/28 Kommer stof på huden, tages tilsmudset tøj straks af og der vaskes med store mængder . . . (angives af fabrikanten)
- S29/35 Må ikke tømmes i kloakafløb; materialet og dets beholder skal bortskaffes på en sikker måde
- S29/56 Må ikke tømmes i kloakafløb, aflever dette materiale og dets beholder til et indsamlingssted for farligt affald og problemaffald
- S36/37 Brug særligt arbejdstøj og egnede beskyttelseshandsker
- S36/37/39 Brug særligt arbejdstøj, egnede beskyttelseshandsker og briller/ansigtsskærm
- S36/39 Brug særligt arbejdstøj og egnede beskyttelsesbriller/ ansigtsskærm
- S37/39 Brug egnede beskyttelseshandsker og briller/ ansigtsskærm under arbejdet
- S47/49 Må kun opbevares i originalemballagen ved en temperatur på ikke over . . . °C (angives af fabrikanten)

Bilag 3

Beskrivelse af de vigtigste primære og sekundære kilder

I dette bilag gives en oversigt over historisk materiale. Bilaget er en gengivelse fra AVJ's tidligere branchebeskrivelse, f.eks. /34/.

Primære og sekundære kilder

Forud for igangsættelsen af tekniske undersøgelser er det vigtigt at få indsamlet og beskrevet det historiske materiale for den aktuelle lokalitet. Dette kan være tidskrævende, men den forbrugte tid vil ofte være givet godt ud, når de tekniske undersøgelser igangsættes.

Formålet med den historiske gennemgang er at få udpeget art og fysisk placering af de potentielle forureningskilder.

Der findes en lang række kilder, hvorfra der kan søges oplysninger. Kilderne kan opdeles i primære og sekundære kilder. De vigtigste oplysninger findes i de primære kilder. Hvis det vurderes, at de primære kilder er mangelfulde, suppleres med oplysninger fra de sekundære kilder.

De *primære* kilder omfatter:

- Arkiver hos kommunen: I kommunens arkiver findes der oplysninger om byggeaktiviteter, lokalplaner, situations- og kloakplaner, oplysninger om nedgravede tanke og deres status, oplag, miljøsager mv. I nogle kommuner findes alle oplysninger i byggesagsarkivet, mens oplysninger i andre kommuner er fordelt på byggesags- og miljøarkivet. De lokale politi eller brandmyndighed kunne tidligere have kronologiske oplysninger om hændelser, der havde forureningsmæssig betydning, f.eks. brande eller andre uheld som spild, lækager eller overløb ved tankanlæg. Herudover kunne der findes oplysninger om tidligere oplag af brandfarlige og eksplosionsfarlige stoffer.
- Lokalhistoriske arkiver: På de lokalhistoriske arkiver findes gamle vejvisere, telefonbøger, fotos og avisudklip mv. Herudover har personalet på arkiverne ofte et stort lokalkendskab.
- Tinglysningskontoret: Oplysninger om tidligere ejerforhold og deklARATIONER findes tinglyst på den enkelte ejendom.
- Interviews: Interviews af tidligere eller nuværende grundejere, eller ansatte kan understøtte og supplere oplysninger fra arkiver og litteratur. Det kan også være relevant at interviewe medarbejdere fra kommunen.
- Besigtigelse: Ved besigtigelsen af lokaliteten kontrolleres, om de indsamlede arkivoplysninger er i overensstemmelse med de nuværende forhold. Placeringen af de eksisterende bygninger og installationer registreres, og synlige tegn på jordforurening noteres.

De *sekundære* kilder omfatter:

- Miljøgodkendelser indeholder beskrivelser af produktionsprocesser, forureningsbegrænsende foranstaltninger samt affaldsprodukter og deres bortskaffelse. For listevirksomheder med regional påvirkning er

Amtet miljømyndighed. Miljøgodkendelser omfatter kun perioden efter Miljøbeskyttelseslovens ikrafttræden i 1974.

- Arbejdstilsynets (tidligere fabrikstilsynet) inspektionsberetninger. Her kan skaffes oplysninger om kemikalier og uheld.
- Det Kongelige Bibliotek har ca. 400.000 skrå- og lodfotos fra før 1945. Ud fra fotos kan fås indtryk af arealanvendelsen. Herudover kan tank-anlæg, oplag af tromler og affald mv. lokaliseres.
- Kort- og Matrikelstyrelsen har lodfotos fra 1945 og frem.
- Private luftopmålingsfirmaer som Kampsax Geoplan, Landinspektørernes Luftopmåling og Kastrup Luftfoto kan ligge inde med historiske luftfotos. Endelig kan der findes flyfotos hos en lang række kommuner.

Bilag 4

Relevante kilder i relation til afværgeteknikker

I dette bilag findes relevante kilder i relation til afværgeforanstaltninger til sikring af arealanvendelse samt grundvandsinteresser. Bilaget er en gengivelse fra AVJ's tidligere branchebeskrivelse; eks. /38/.

Afgravning

- Oprydning på forurenede lokaliteter – Hovedbind. Vejledning fra Miljøstyrelsen, nr. 6, 1998.

Forceret udvaskning

- Oprydning på forurenede lokaliteter – Hovedbind. Vejledning fra Miljøstyrelsen, nr. 6, 1998.

Vakuumelekstraktion/-ventilering

- Oprydning på forurenede lokaliteter – Hovedbind. Vejledning fra Miljøstyrelsen, nr. 6, 1998.
- Vakuumentileringssager fra Oliebranchens Miljøpulje. Miljøprojekt nr. 421, 1998.
- Airsparging og vakuumentilering fra vandrette borer på Drejøgade 3-5: Design og anlæg. Miljøprojekt nr. 480, 1999.
- Airsparging og jordventilering med vandrette borer. Miljøprojekt nr. 678, 2002.
- Vakuumentilering, Ikast. Teknologiprogrammet for Jord- og Grundvandsforurening. Projektkatalog. Miljøstyrelsen, 2002.

Bioventilering

- Oprydning på forurenede lokaliteter – Hovedbind. Vejledning fra Miljøstyrelsen, nr. 6, 1998.

Passiv ventilering

- Passiv ventilering i Fakse, Allerød og Askov. Teknologiprogrammet for Jord- og Grundvandsforurening. Projektkatalog. Miljøstyrelsen, 2002.

Termisk assisteret oprensning

- Oprydning på forurenede lokaliteter – Hovedbind. Vejledning fra Miljøstyrelsen, nr. 6, 1998.
- Termisk assisterede oprensninger. Miljøprojekt nr. 409, 1998.
- Oprensning af klorerede opløsningsmidler ved dampstripping. Miljøprojekt nr. 543, 2000.
- Dampoprensning med vakuumelekstraktion. Miljøprojekt nr. 552, 2000.
- Modellering af opvarmning ved dampinjektion (Modi). Miljøprojekt nr. 679, 2002.
- Dampinjektion, Østerbro, Aalborg. Teknologiprogrammet for Jord- og Grundvandsforurening. Projektkatalog. Miljøstyrelsen, 2002.
- Dampinjektion, Hedehusene. Teknologiprogrammet for Jord- og Grundvandsforurening. Projektkatalog. Miljøstyrelsen, 2002.

- Termisk assisteret rensning, Vesterbro. Teknologiprogrammet for Jord- og Grundvandsforurening. Projektkatalog. Miljøstyrelsen, 2002.

Elektrokinetisk rensning

- Oprydning på forurenede lokaliteter – Hovedbind. Vejledning fra Miljøstyrelsen, nr. 6, 1998.
- Oprensning af blandingsforurenede jord. Miljøprojekt nr. 503, 1999.
- Afprøvning af ny elektrokemisk metode til oprensning af olieforurenede jord og grundvand. Miljøprojekt nr. 554, 2000.
- Elektrodialytisk rensning af jord fra træimprægneringsgrunde. Miljøprojekt nr. 626, 2001.

Phytooprensning

- Oprensning af tungmetallforurenede jord. Miljøprojekt nr. 407, 1998.
- Oprensning af blandingsforurenede jord. Miljøprojekt nr. 503, 1999.
- Fytoremediering af forurening med olie- og tjæreprodukter. Miljøprojekt nr. 644, 2001.
- Phytooprensning, Valbyparken. Teknologiprogrammet for Jord- og Grundvandsforurening. Projektkatalog. Miljøstyrelsen, 2002.
- Phytooprensning, Allerød. Teknologiprogrammet for Jord- og Grundvandsforurening. Projektkatalog. Miljøstyrelsen, 2002.
- Phytooprensning. Oliebranchens Miljøpulje (OM), Rønnede. Teknologiprogrammet for Jord- og Grundvandsforurening. Projektkatalog. Miljøstyrelsen, 2002.

Forsegling af forurening

- Oprydning på forurenede lokaliteter – Hovedbind. Vejledning fra Miljøstyrelsen, nr. 6, 1998.
- Oprensning af blandingsforurenede jord. Miljøprojekt nr. 503, 1999.

Afværgepumpning

- Oprydning på forurenede lokaliteter – Hovedbind. Vejledning fra Miljøstyrelsen, nr. 6, 1998.

Airsparging

- Oprydning på forurenede lokaliteter – Hovedbind. Vejledning fra Miljøstyrelsen, nr. 6, 1998.
- Airsparging og vakuumventilering fra vandrette borer på Drejøgade 3-5: Design og anlæg. Miljøprojekt nr. 480, 1999.
- Airsparging og jordventilering med vandrette borer. Miljøprojekt nr. 678, 2002.
- Airsparging og vakuumventilering på Drejøgade 3-5. Teknologiprogrammet for Jord- og Grundvandsforurening. Projektkatalog. Miljøstyrelsen, 2002.

In-well stripning

- Afprøvning af In-Well Aerator. Miljøprojekt nr. 642, 2001.

Etablering af vertikale barrierer

- Oprydning på forurenede lokaliteter – Hovedbind. Vejledning fra Miljøstyrelsen, nr. 6, 1998.
- Reaktiv permeabel væg, Vapokon. Teknologiprogrammet for Jord- og Grundvandsforurening. Projektkatalog. Miljøstyrelsen, 2002.
- Reaktiv permeabel væg, Hårdkrom, Kolding. Teknologiprogrammet for Jord- og Grundvandsforurening. Projektkatalog. Miljøstyrelsen, 2002.
- Reaktiv permeabel væg, Godsbanegården. Teknologiprogrammet for Jord- og Grundvandsforurening. Projektkatalog. Miljøstyrelsen, 2002.

Frakturering

- Oprydning på forurenede lokaliteter – Hovedbind. Vejledning fra Miljøstyrelsen, nr. 6, 1998.
- Vurdering af stødvis ventilering og pneumatisk opsprækning. Miljøprojekt nr. 491, 1999.
- Frakturering. Miljøprojekt nr. 541, 2000.
- Hydraulisk frakturering udført ved vandret boreteknik – Design og anlæg. Miljøprojekt nr. 699, 2002.
- Frakturering-dobbelt fase ekstraktion, Haslev. Teknologiprogrammet for Jord- og Grundvandsforurening. Projektkatalog. Miljøstyrelsen, 2002.

Bilag 5

Fotoserie



Foto B5.1 Sav



Foto B5.2 Søjleboremaskine



Foto B5.3 Bukkemaskine



Foto B5.4 Rundsav



Foto B5.5 Varelager



Foto B5.6 Stansmaskine



Foto B5.7 Fræser



Foto B5.8 Drejebænk



Foto B5.9 CO₂-svejseanlæg

Bilag 6

Erfaringsopsamling på undersøgelser

Miljøstyrelsen har i 1995 lavet en erfaringsopsamling på amternes registreringsundersøgelser på maskinfabrikker og maskinværksteder /35/, ligesom Amternes Videncenter for Jordforurening i 1997 lavede en erfaringsopsamling på amternes registreringsundersøgelser på metalforarbejdende virksomheder /36/.

Resultatet af de to erfaringsopsamlinger er resumeret i det følgende.

I erfaringsopsamlingen fra 1995 indgik maskinfabrikker og -værksteder. Gennemgangen omfattede 54 undersøgelser og på knap halvdelen (43 %) blev der konstateret forurening /35/.

Næsten halvdelen af de undersøgte virksomheder havde haft overfladebehandling såsom lakering/maling og galvanisering/35/. Erfaringsopsamlingen konkluderede, at der blev konstateret hyppigere forurening på maskinfabrikker med overfladebehandling (56%), end på dem, hvor der ikke var nogen oplysning om overfladebehandling (30%) /35/.

For de hyppigst undersøgte kilder er der konstateret forurening ved:

”Tanke”	43 % ud af 14 undersøgelser
”Oplag”	31 % ud af 26 undersøgelser
”Olietanke”	31 % ud af 13 undersøgelser
”Spild”	30 % ud af 10 undersøgelser
”Ved bygning”	26 % ud af 27 undersøgelser
”Afløbssystem”	8 % ud af 13 undersøgelser

For en nærmere gennemgang af resultaterne henvises til erfaringsopsamlingen /35/.

Konklusionerne fra erfaringsopsamlingen skal tages med forbehold, idet de gennemførte prøvetagningsmetoder dengang primært bestod af jordprøver og i mindre grad af vandprøver. I enkelte tilfælde er der gennemført poreluftundersøgelser.

De hyppigst undersøgte og konstaterede forureningstyper er oliekomponenter, tungmetaller (nikkel, kobber, chrom, bly, zink) og chlorerede opløsningsmidler. Få undersøgelser omfattede tjærestoffer, cyanid, phenol og PCB.

I 1997 gennemførte Amternes Videncenter for Jordforurening en erfaringsopsamling for metalforarbejdende virksomheder. Som led i erfaringsopsamlingen opbyggede Amternes Videncenter for Jordforurening en database over amternes registreringsundersøgelser (februar 1997). Databasen indeholder bl.a. oplysninger om undersøgelser på lokaliteter, hvor der har ligget en metalforarbejdende virksomhed /37/.

Erfaringsopsamlingen vedrørende metalforarbejdende virksomheder omfattede 153 registreringsundersøgelser udført af 13 amter. På ca. 45 % af lokaliteterne blev der konstateret forurening /36/.

Ved gennemgangen af undersøgelserne blev der opgjort forholdsvis mange kildetyper, hvilket afspejler branchens bredde og inhomogenitet.

De kilder, der oftest er undersøgt, er ”oplag”, ”tanke”, ”ved bygning”, ”afløbssystemet”, ”spild”, ”overfladebehandling”, ”deponering” og ”olieudskiller”.

Den komponent, der oftest påvises forurening med, er totalkulbrinter.

Der er undersøgt for og konstateret forurening med totalkulbrinter ved tanke, ved bygning og ved kloak/afløb. Ligeledes er der ofte undersøgt for og konstateret forurening med tungmetaller ved bygning, oplag, spildsteder og deponering. Forurening med chlorerede opløsningsmidler er der relativt ofte konstateret ved bygning og ved kloak/afløb /36/.

Genfindingsprocenten, der angiver hvor ofte, der er påvist indhold af en given komponent, når der er målt for den, er meget høj for tungmetallerne og høj for totalkulbrinter. For chlorerede opløsningsmidler er genfindingen meget høj i poreluftprøverne, mens genfindingen er lavere i vandprøver og ganske lav i jordprøver. Samme billede ses for BTEX'erne /36/.

En sammenstilling af de undersøgte virksomheders driftsperiode og forureningsgrad viser ingen umiddelbar sammenhæng.

Ved de hyppigst undersøgte kildetyper er der konstateret forurening og spor af forurening som angivet i tabel B6.1. Spor af forurening er defineret som indhold over analysemetodens detektionsgrænser, men under Miljøstyrelsens kvalitetskriterier.

Kildetype	Antal lokaliteter hvor den pågældende kildetype er undersøgt	Antal lokaliteter fordelt på forureningsgrad ved den pågældende kildetype		
		I alt	Forurenet ¹⁾	Spor ²⁾
Standardkildetyper				
Ved bygning	72 ⁴⁾	26	19	23
Under bygning	10 ⁴⁾	4	2	4
Oplag	82 ⁴⁾	36	18	23
Afløbssystem	68 ⁴⁾	15	25	28
Olieudskiller	21 ⁴⁾	5	0	14
Tanke	74	24	8	43
Stander/påfyldningspl.	6	2	1	3
Vaskeplads	7	1	2	4
Smøregrav	3	1		2
Spild	52 ⁴⁾	22	19	10
Deponering/fyld	28 ⁴⁾	16	2	8
Branchespecifikke kildetyper				
Affedtning	7	3	2	3
Støberiaktiviteter	5	5		
Metalbearbejdning	6	5		
Overfladebehandling	24 ⁴⁾	9	7	7
Øvrige kildetyper	20 ⁴⁾	5	4	6
Total	485⁴⁾	179	111	179

- 1) Forurenet: Det påviste indhold af forurenende stoffer/komponenter overstiger kvalitetskriterierne i bilag 3.3. i /36/.
- 2) Spor: Det påviste indhold af forurenende stoffer/komponenter overstiger detektionsgrænsen for den anvendte analysemetode, men ligger under kvalitetskriterierne i bilag 3.3. i /36/.
- 3) Uforurenet: Det målte overstiger ikke detektionsgrænsen for den anvendte analysemetode.
- 4) I én eller flere undersøgelser er det ikke oplyst, om der blev påvist forurening ved kildetyper.

Tabel B6.1 Undersøgte kildetyper forureningsgrad.

Der kan ved samme kildetype godt være konstateret forurening med én komponent og spor af en anden. Ligeledes kan der på hver lokalitet godt være undersøgt flere af den samme kildetype, men antallet af kilder fremgår ikke af skemaet. Det bemærkes endvidere, at standard kildetyperne også kan dække over branchespecifikke kildetyper. Kun hvor det særligt fremgår af baggrundsmaterialet for den enkelte lokalitet, at en branchespecifik kilde er undersøgt, er denne angivet under de branchespecifikke kilder.

Af de 485 undersøgte kildetyper er der ved mindst 179 kildetyper påvist forurening, og ved mindst 111 kildetyper spor af forurening.

De hyppigst undersøgte kildetyper på metalforarbejdende virksomheder er: ”Oplag”, ”Tanke”, ”Ved bygning”, ”Afløbssystem”, ”Spild”, ”Overfladebehandling”, ”Deponering” og ”Olieudskiller”.

I forbindelse med erfaringsopsamlingen /36/ blev det opgjort, at der ved de tekniske undersøgelser på de 153 ejendomme var foretaget analyser og konstateret koncentrationsniveauer i de tre medier, jord, grundvand og poreluft, som angivet i tabel B6.2.

Blandingsprodukter: Der er gennemført mange analyser for blandingsprodukter (totalkulbrinter, diesel/fyringsolie og benzin). Analyserne for totalkulbrinter er gennemført for både jord, vand og poreluft. Der påvises totalkulbrinter for alle tre medier i ca. 50% af tilfældene, og de fundne koncentrationer er umiddelbart høje. Der er dog i tabellen angivet intervallet for max. koncentrationer, og de gennemsnitlige koncentrationer er ikke vægtede, hvorfor meget høje/lave koncentrationer er af stor betydning for gennemsnittene.

Gennemsnitskoncentrationerne for totalkulbrinter og for diesel/fyringsolie i jord ligger langt over kvalitetskriterierne.

BTEX: I ca. 25 til 50 undersøgelser er der i både jord, vand og poreluft analyseret for indhold af BTEX'er. Fundprocenten er mellem 5 og 10 %. For benzen er der i vand og poreluft målt gennemsnitlige maks. koncentrationer langt over kvalitetskriteriet, mens toluen i vand ligger lidt over kvalitetskriteriet, og i poreluften under kvalitetskriteriet. I både jord, vand og poreluft er der for xylen målt koncentrationer langt over kvalitetskriteriet.

PAH: PAH'er er alene analyseret i jordprøver, og i 15 ud af 34 prøver er der målt indhold af PAH. Koncentrationerne er høje, og den gennemsnitlige maks. koncentration på 710 mg/kg TS ligger langt over kvalitetskriteriet på 1,5 mg/kg TS.

Chlorerede opløsningsmidler: Der er gennemført forholdsvis mange analyser for chlorerede opløsningsmidler i såvel jord, vand som poreluft. Fundprocenten er lavest i jordprøverne, hvor den maksimale gennemsnitskoncentration ligeledes er lav. I vand og poreluft påvises der chlorerede opløsningsmidler i 30 til 90 % af prøverne. I vandet måles høje koncentrationer af trichlorethylen, og i poreluften påvises ofte høje koncentrationer af såvel tetrachlorethylen, 1,1,1 trichlorethan, trichlorethylen og dichlorethylen.

Komponent	Jord (mg/kg TS)		Vand (µg/liter)		Poreluft (µg/m ³)	
	Max. interval (gennemsnit)	Antal	Max. interval (gennemsnit)	Antal	Max. interval (gennemsnit)	Antal
Blandingsprodukter						
Totalindhold af kulbrinter	0,5-46.000 (2.846)	84/45	0,011-7.000.000 (3.006.000)	43/23	0,7-35.000.000 (3.100.000)	29/12
Diesel-/fyringsolie	55-22.000 (2.800)	26/14	-	12/0		
Benzin	23-50 (37)	14/2	-	12/0		
BTEX						
Benzen	0,002-48 (12)	35/5	1-5.100 (465)	50/11	0,6-1.000 (190)	31/7
Toluen	0,002-9,8 (2,0)	36/5	0,15-12.000 (752)	52/16	10-3.000 (734)	32/9
Ethylbenzen	0,2-1.400 (290)	23/5	0,4-650.000 (162.500)	35/4	40-74.000 (12.483)	31/6
Xylen	0,002-5.600 (710)	35/8	0,3-2.300.000 (256.000)	45/9	10-15.000 (3.200)	29/5
PAH						
Sum PAH/Tjære	0,4-1200 (171)	34/15				
Chlorede opløsningsmidler						
PCE	0,01-8,3 (1,5)	31/7	0,0007-480 (25)	42/20	0,003-20.000 (1.222)	39/32
TCA	0,0002-1,1 (0,2)	21/5	0,0002-3,1 (0,3)	36/23	0,008-85.000 (2.690)	38/33
TCE	0,005-12 (2,2)	30/7	0,0002-56.000 (2.956)	43/21	0,0001-290.000 (13.740)	39/24
DCE			0,002-110 (37)	22/8	1-100.000 (11.300)	30/14
Tungmetaller						
Arsen	2-51 (11)	46/17				
Bly	2-36.100 (607)	103/100				
Cadmium	0,07-12 (1,5)	47/40				
Chrom	1,2-750 (56)	92/80				
Kobber	3,1-2.400 (197)	80/76				
Nikkel	4-140 (23)	73/54				
Zink	1,6-29.000 (698)	87/87				

- Indhold ikke påvist.
- Hvor der foreligger maks. koncentration fra mindre end 10 lokaliteter, er komponenten/gruppen ikke medtaget i tabellen (feltet er rastet).
- Antallet af analyser før skråstregen er det totale antal udførte. Efter skråstregen er anført det antal undersøgelser, hvor indholdet overskrider detektionsgrænsen

Table B6.2 Interval for maks. koncentrationer ("hot-spot") målt ved registreringsundersøgelser på 153 på metalforarbejdende virksomheder.

Tungmetaller: Tungmetaller er den stofgruppe, der er undersøgt mest for på de metalforarbejdende virksomheder. Analyserne er alene gennemført på jordprøver, og fundprocenten ligger typisk mellem 80-90 %. Dog er de gennemsnitlige maks. koncentrationer ikke så høje, og generelt ligger de under eller på niveau med kvalitetskriterierne.