

# **Branchebeskrivelse for metalforarbejdende virksomheder**

**Teknik og Administration  
Nr. 8 1997**

**Branchebeskrivelse  
for metalforarbejdende  
virksomheder**

**Teknik & Administration**  
Nr. 8 1997



## INDHOLDSFORTEGNELSE

	<b>SIDE</b>
1	INDLEDNING..... 2
2	SAMMENFATNING ..... 4
3	GENEREL BESKRIVELSE AF BRANCHEN..... 6
3.1	Branchedefinition og afgrænsning ..... 6
3.2	Branchens strukturelle udvikling ..... 7
3.2.1	Historisk udvikling ..... 7
3.2.2	Antal virksomheder..... 8
4	PROCESSER, TEKNOLOGI OG MILJØBELASTNING..... 10
4.1	Generel procesbeskrivelse ..... 10
4.2	Produktionsindretning..... 11
4.3	Arbejdsmetoder og miljøbelastning..... 13
4.3.1	Formforændrende processer ..... 13
4.3.2	Afrensning og affedtning ..... 16
4.3.3	Sammenføjningsprocesser ..... 23
4.3.4	Overfladebehandling..... 26
5	FORURENINGSRISIKO ..... 33
5.1	Oversigt over potentielle forureningskilder ..... 33
5.2	Stofbeskrivelse - kemiske data ..... 34
6	UNDERSØGELSER ..... 36
6.1	Historik ..... 36
6.1.1	Historisk kortlægning ..... 36
6.1.2	Status for branchens miljøbelastning..... 39
6.2	Teknisk undersøgelse..... 40
6.2.1	Prøvetagning ..... 40
6.2.2	Analyser ..... 41
7	LITTERATURLISTE ..... 49

## BILAGSFORTEGNELSE

Bilag 1: Datablade for udvalgte kemiske stoffer

Bilag 2: Detailbeskrivelse af anvendte produkter

## 1 INDLEDNING

Denne branchebeskrivelse er udarbejdet af Carl Bro as for Amternes Depotenhed i forbindelse med projektet "Erfaringsopsamling på amternes registreringsundersøgelser" med særlig vægt på 8 udvalgte brancher.<sup>1</sup>

Denne branche, nærmere betegnet maskinfabriker og værksteder, indgik i et tilsvarende projekt, som blev gennemført under Miljøstyrelsens depot- og grundvandsprioriteringssystem "Gummistøvleprojektet" og afrapporteret i "Projekt om jord og grundvand nr. 9 1995, Erfaringsopsamling på amternes registreringsundersøgelser", udgivet af Miljøstyrelsen /27/.

Udvælgelsen af brancher til erfaringsopsamlingsprojektet, som gennemføres under Amternes Depotenhed, er foregået ud fra dels et generelt udvælgelseskriterie "mindst 25 registreringsundersøgelser, udført af minimum 5 forskellige amter", dels specifikke begrundelser.

Metalforarbejdende virksomheder dækker over en broget type aktiviteter med mange forskellige kilder til forurening, ligeledes hører den til en af de brancher, hvor der udføres mange registreringsundersøgelser.

Der er stort behov for at få kendskab til branchen samt at få målrettet registreringsundersøgelser på ejendomme, hvor der har været/er en metalforarbejdende virksomhed, herunder at få kendskab til forureningshyppigheden ved de mange mulige forureningskilder, som der er på disse ejendomme.

Der skønnes i dag at være 37.500 kortlagte ejendomme, hvoraf der kun er gennemført registreringsundersøgelser på ca. 4.500./28/

Af disse 4.500 gennemførte registreringsundersøgelser er 233 (opgjort i oktober 1996) udført på ejendomme, hvor der har været/er en metalforarbejdende virksomhed. Ca. 83 er gennemført efter afrapporteringen af første erfaringsopsamlingsprojekt.

Da der således stadigvæk er mange kortlagte ejendomme som endnu ikke er undersøgt, og da enkelte amter endnu ikke er færdige med kortlægningsarbejdet vurderes det, at der fortsat skal udføres en del registreringsundersøgelser på metalforarbejdende virksomheder. Derfor har Amternes Depotenhed valgt at få udarbejdet en branchebeskrivelse for denne branche i forbindelse med erfaringsopsamlingsprojektet.

---

<sup>1</sup> Autoværksteder, garverier, jern- og metalstøberier, korn- og foderstofvirksomheder, metalforarbejdende virksomheder, produkthandel, autoophug og jern- og metalgenvindingsvirksomheder, træimprægneringsvirksomheder samt varmeværker

Formålet med branchebeskrivelsen er:

1. at give en generel indsigt i branchen  
samt
2. at fungere som et lettilgængeligt og direkte brugbart opslagsværk i forbindelse med arbejdet med registreringsundersøgelser, som er højt prioriteret i amterne i disse år.

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

Rapportens indhold er sammenfattet i kapitel 2 med særlig vægt på de forureningsmæssige aspekter.

I kapitel 3 defineres branchen, og der gives en kort indføring i branchens strukturelle udvikling og sammensætning).

I kapitel 4 beskrives arbejdsmetoden/erne på metalforarbejdende virksomheder, samt hvilken miljøbelastning, med henblik på jord og grundvandsforurening, som kan forventes fra denne branche.

I kapitel 5 gives en oversigt over potentielle forureningskilder, og for udvalgte branchespecifikke forureningskomponenter gives kemiske data.

I kapitel 6 beskrives en fremgangsmåde til at finde relevante historiske oplysninger frem, anbefalinger af hvilke kilder som er relevante at undersøge, samt anbefalinger af hvorledes den tekniske undersøgelse kan udformes, herunder valg af prøvetagnings- og analyse metodik.

I kapitel 7 er der givet en oversigt over anvendt litteratur.

Princippet i den anvendte referencehenvielse i denne branchebeskrivelse er, at står henvisningen lige før et punktum, betyder det, at henvisningen omfatter den foregående sætning. Står henvisningen derimod efter et punktum, er hele det foregående afsnit baseret på den pågældende reference.

## 2 SAMMENFATNING

### **Branchedefinition og afgrænsning**

Metalforarbejdende virksomheder, også benævnt maskinbranchen, defineres som en branche, hvor der fremstilles, repareres og vedligeholdes diverse emner af jern og metal og eventuelt udføres overfladebehandling af egne produkter.

De i denne branchebeskrivelse beskrevne overfladebehandlinger er maling/lakering, hærkning, galvanisering og varmforzinkning. Derudover behandles en række sammenføjningsprocesser.

Metalforarbejdende virksomheder er omfattet af Miljøbeskyttelseslovens kapitel 5 om forurenende virksomhed, hvor de er opført under gruppe A, fremstilling, forarbejdning, overfladebehandling af jern, stål, metal, træ og plast, undergruppe 3, 4 og 6.

### **Branchens strukturelle udvikling**

Metalforarbejdende virksomheder er generelt en meget inhomogen branche med et stort antal underbrancher.

Branchen omfatter virksomhedstyper fra smede- og maskinværksteder til maskinfabrikker.

I 1988 var der 882 maskinfabrikker med mere end 6 ansatte, som i alt beskæftigede 55.887 medarbejdere. I 1988 var der 3.074 smede- og maskinværksteder.

Maskinbranchen består i dag fortrinsvis af middelstore virksomheder med typisk 10-50 ansatte, der producerer, reparerer og vedligeholder maskiner for den øvrige industri. Trods dette ligger cirka halvdelen af beskæftigelsen inden for maskinbranchen på virksomheder med over 200 ansatte.

### **Processer, teknologi og miljøbelastning**

Aktiviteterne på metalforarbejdende virksomheder er opdelt i følgende delprocesser:

- Formforandrende processer med fræsning, slibning, boring m.m.
- Afrensning og affedtning
- Sammenføjende processer med svejsning, lodning og limning
- Overfladebehandling med maling/lakering, hærkning, galvanisering og varmforzinkning.

## Potentielle forureningskilder

I forbindelse med ovennævnte aktiviteter vil følgende kilder til forurening af jord- og grundvand skulle overvejes undersøgt:

<i>Kilder, som <b>altid medtages</b> i en undersøgelse</i>
Affedtningsanlæg, -kar og -bade
Anlæg til maling/lakering, hærkning, galvanisering og varmforzinkning
<i>Kilder, som <b>anbefales medtaget</b> i undersøgelsen</i>
Utætte kloakker
Maskiner og tanke til køle-smøremidler
Nedgravede olietanke med tilhørende rørføringer, påfyldning og udluftning
<i>Kilder, som <b>i specielle tilfælde kan medtages</b> i en undersøgelse</i>
Afdrypning af metalspåner og emner
Udendørs oplag af olie og kemikalier

På metalforarbejdende virksomheder anvendes en lang række forskellige potentielt forurenende produkter. De væsentligste er nævnt nedenfor.

- Affedtningsmidler
- Køle-smøremidler
- Maling/lak
- Metaller til galvanisering og varmforzinkning

I forbindelse med en registreringsundersøgelse på en metalforarbejdende virksomhed foreslås følgende undersøgelsesstrategi:

- Historisk redegørelse
- Prøvetagning af jord, vand og evt. poreluft
- Feltnåling af jordprøver for kulbrinter med "test-kit"
- EDXRF-screening af jordprøver for metallerne Cr, Cu, Ni og Zn
- *Jordprøver* analyseres for metallerne Cr, Cu, Ni og Zn ved ICP- eller AAS og for BTEX, mineralsk terpentin, cellulosefortynder, petroleum og mineralolie ved GC-FID
- *Vandprøver* analyseres for BTEX, naphthalen, mineralsk terpentin, cellulosefortynder, petroleum og mineralolie ved GC-FID samt for de vandblandbare stoffer ethanol og 2-propanol ved GC-FID-/GC-MS og for chlorerede opløsningsmidler ved GC-ECD

Desuden måles for pH

- *Poreluftprøver* analyseres evt. for BTEX ved GC-FID og for chlorerede opløsningsmidler ved GC-ECD

### **3            GENEREL BESKRIVELSE AF BRANCHEN**

#### **3.1        Branchedefinition og afgrænsning**

Metallforarbejdende virksomheder, også benævnt som maskinbranchen, defineres som en branche, hvor der fremstilles, repareres og vedligeholdes diverse emner af jern og metal og eventuelt udføres overfladebehandling af egne produkter /1,2/.

De overfladebehandlinger, der er beskrevet i denne branchebeskrivelse, er maling/lakering, hærkning, galvanisering og varmforzinkning. Derudover behandles en række sammenføjningsprocesser.

Metallforarbejdende virksomheder omfatter maskinværksteder og maskinfabrikker og er generelt en meget inhomogen branche med et stort antal underbrancher.

Til trods for at der er en flydende overgang mellem maskinværksteder og maskinfabrikker, vil der i denne branchebeskrivelse i et vist omfang blive skelnet imellem disse.

Generelt er maskinfabrikker større virksomheder med en industriel serieproduktion af ens enheder, mens maskinværksteder er mindre virksomheder med reparationsarbejde og en alsidig produktion af specielle enheder i få antal.

#### **Miljøbeskyttelsesloven**

Metallforarbejdende virksomheder er omfattet af Miljøbeskyttelseslovens kapitel 5 om forurenende virksomhed, hvor de er opført under gruppe A, fremstilling, forarbejdning, overfladebehandling af jern, stål, metal, træ eller plast.

Ifølge undergruppe 3 er metallforarbejdende virksomheder omfattet af kapitel 5, hvis der udøves galvanisering, varmforzinkning, anodisering og elektropolering.

Ifølge undergruppe 4 er metallforarbejdende virksomheder omfattet af kapitel 5, hvis der udøves støvfrembringende overfladebehandling, herunder slibning, sandblæsning og pulverlakering af emner af jern, stål eller metal, når det støvfrembringende indendørs produktionsareal er på 10 m<sup>2</sup> eller derover. Også hvis der udøves overfladebehandling af emner af jern, stål og metal, herunder undervognsbehandling, samt af træ og plast med en kapacitet til forbrug af opløsningsmidler på 6 kg pr. time eller derover.

Ifølge undergruppe 6, er metallforarbejdende virksomheder omfattet af kapitel 5, hvis der er forarbejdning af jern, stål og metaller med et dertil indrettet produktionsareal på 1.000 m<sup>2</sup> eller derover.

#### **Danmarks Statistik**

Metallforarbejdende virksomheder er afgrænset over for jern- og metalområdet i øvrigt til at omfatte de kategorier eller underbrancher, der af Danmarks Statistik anvendes som tilhørende maskinindustrien, dvs. erhvervsgrupperingskode 38.200-38.299, bortset fra egentlige smedeværksteder, der i Danmarks Statistik er medtaget i gruppe 38.280.



## **Erhvervsregistre**

Da metalforarbejdende virksomheder som sagt er en meget inhomogen branche, er det ikke muligt at give en komplet afgrænsning af branchen i diverse erhvervsregistre som f.eks. Kraks Vejviser for dansk erhvervsliv, da en masse underinddelinger indbefatter metalforarbejdende virksomhed.

## **Brancheorganisation**

Metalforarbejdende virksomheder har ikke en overordnet brancheorganisation, der dækker alle underbrancher, men en række specifikke mindre brancheorganisationer, der dækker delbrancher. Dansk Industri har imidlertid et godt kendskab til metalforarbejdende virksomheder generelt.

### **3.2 Branchens strukturelle udvikling**

#### **3.2.1 Historisk udvikling**

Fremstilling, reparation og vedligeholdelse af emner af jern og metal har sit historiske udspring i smedeb Branchen. Udviklingen tog fart i Danmark i første halvdel af 1800-tallet, hvor fremstillingen af maskiner udviklede sig fra det traditionelle smedeerhverv i takt med den begyndende industrialisering og voksende anvendelse af maskiner.

I perioden fra 1870-erne blev der på grund af især landbrugets udvikling og den dertil knyttede forædlingsindustri for alvor sat skub i maskinbranchen /2/. Mindre maskinværksteder udviklede sig til store maskinfabrikker, ofte med egne støberi-afdelinger.

Maskinfabrikkerne var i stor udstrækning knyttet til bestemte brancher inden for industri og landbrug som leverandør af specielle maskiner til disse brancher /3/. Denne opsplnitning af maskinbranchen, således at virksomhederne producerer maskiner til specielle erhverv, er fortsat frem til moderne tid.

Produktionen på de mindre maskinfabrikker omfatter som hovedregel komplekse produkter i små serier, mens der på de store virksomheder ofte fremstilles på basis af en vis grad af automatiseret massefabrikation i forbindelse med produktion til direkte forbrug.

For de typiske små maskinfabrikker betyder den nævnte tilknytning til produktionstagerne i den øvrige industri, at branchen stort set ikke har tilknyttet et grossistled. Den enkelte maskinfabrik handler således direkte med kundevirksomheden.

Den teknologiske udvikling i maskinbranchen er kendetegnet ved et glidende forløb uden bratte skift i procesanvendelse eller anvendelse af rå- og hjælpestoffer.

Alligevel er virksomhederne meget forskellige med hensyn til, hvilken grad af teknologisk udvikling der har fundet sted.

Overordnet kan maskinbranchens teknologiske udvikling beskrives i følgende grove træk:

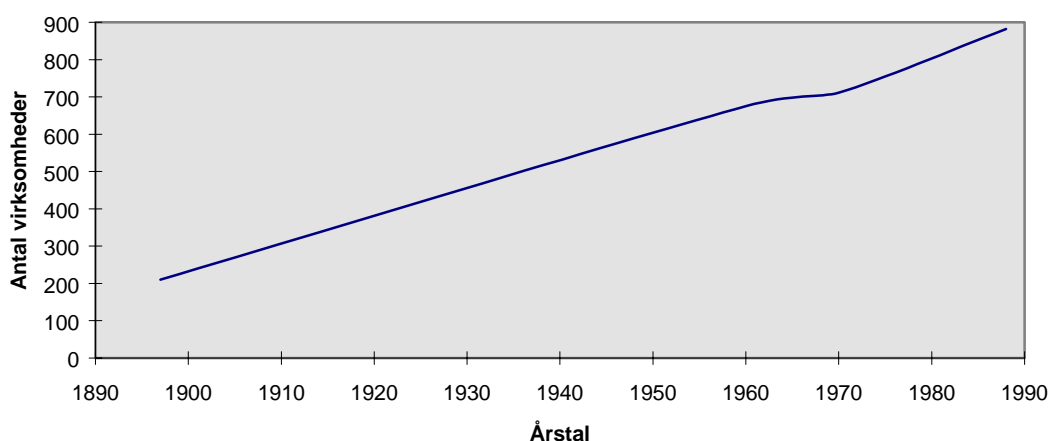
- Generelt er de benyttede maskiner blevet stadig større og dermed blevet i stand til at bearbejde større emner og udføre arbejdet i et højere tempo og med en større præcision.
- Forbruget af råstoffer er gået i retning af en stadig større anvendelse af metallegeringer, indeholdende en lang række forskellige 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 metalaffedning samt i køle- og smøremidler, som er vigtig.

### 3.2.2 Antal virksomheder

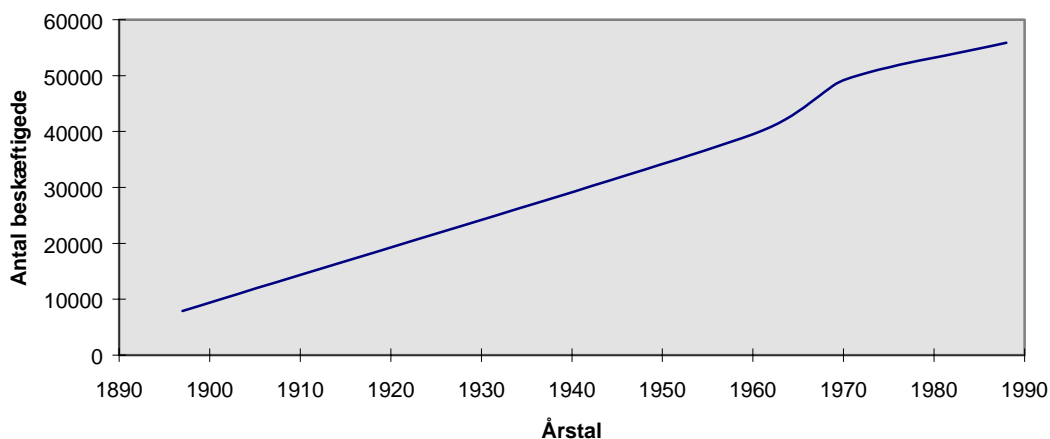
Omkring århundredeskiftet var der allerede en eller flere maskinfabrikker i enhver provinsby.

Det statistiske materiale for antallet af maskinfabrikker er usikkert for perioden frem til 1960, idet maskinfabrikker er blevet registreret sammen med jernstøberier. Dette skyldes, at mange maskinfabrikker også har haft et jernstøberi tilknyttet produktionen.

I figur 3.1 er beskrevet udviklingen i antallet af metalforarbejdende virksomheder i Danmark og i figur 3.2 er beskrevet udviklingen i antallet af beskæftigede på metalforarbejdende virksomheder i Danmark.



**Figur 3.1** Antallet af metalforarbejdende virksomheder i Danmark



**Figur 3.2** Antallet af beskæftigede på metalforarbejdende virksomheder i Danmark

Ifølge de statistiske oplysninger udgør maskinfabrikker cirka 35% af jern- og metalbranchen, både hvad angår antallet af virksomheder og antallet af beskæftigede /5/.

For maskinværkstedernes vedkommende er det vanskeligt at adskille dem fra smede- og kleinsmedeværksteder. I statistikken opgøres de fortsat samlet, men som en hovedtendens gælder, at antallet af egentlige smedeværksteder op igennem 60-erne og 70-erne er faldet markant som konsekvens af landbrugets strukturomlægning og deraf følgende nedlæggelse af landbrug.

En del af disse smedeværksteder må forventes at have omlagt arbejdet til VVS, autoværksted eller maskinværksted /4/.

Antallet af smede- og maskinværksteder er for 1988 opgjort til 3.074 /6/.

Maskinbranchen består i dag fortrinsvis af middelstore virksomheder med typisk 10-50 ansatte, der producerer, reparerer og vedligeholder maskiner for den øvrige industri. Trods dette ligger cirka halvdelen af beskæftigelsen inden for maskinbranchen på virksomheder med over 200 ansatte /7/.

## 4 PROCESSER, TEKNOLOGI OG MILJØBELASTNING

### 4.1 Generel procesbeskrivelse

I forureningsmæssig sammenhæng kan produktionen i maskinbranchen opdeles i 4 hovedprocesser, som i princippet har været til stede fra maskinbranchens start:

- Formforandrende processer
- Affedtning
- Sammenføjende processer
- Overfladebehandling

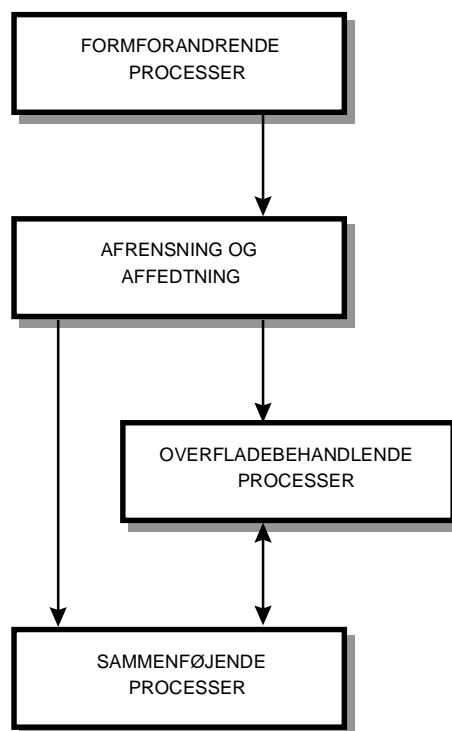
Disse hovedprocesser kan videre opdeles i en række underprocesser, som vist i tabel 4.1.

	Formforandrende		Affedtning	Sammenføjning	Overfladebehandling
	Massebevarende	Masseformindskende			
Mekanisk	Massiv formgivning: Bukning Presning	Snitning Spåntagning Slibning Polering Boring Fræsning m.m.	Højtryksrensning Spuling Manuel		
Termisk		Laserbearbejdning Termisk skæring Polering m.m.	Dampaffedtning	Svejsning Lodning	Hærdning Anløbning (en slags hærdning)
Kemisk			Neddykning Ludkogning Elektrolytisk affedtning Manuel	Limning	Indsætning (en slags hærdning) Maling/lakering Galvanisering Varmforzinkning

**Tabel 4.1** Opdeling af enkeltprocesser inden for de enkelte hovedprocesser i maskinbranchen. Efter /2/

Denne overordnede inddeling er i det følgende benyttet til beskrivelsen, således at de enkelte arbejdsmetoders processer er gennemgået.

Procesforløbet på en maskinfabrik kan generelt beskrives ved indledende formforandrende processer som f.eks. fræsning, boring eller presning efterfulgt af afrensning og affedtning som forberedelse til de efterfølgende sammenføje processer eller overfladebehandling, således som det er vist i figur 4.1.



**Figur 4.1** Overordnet procesdiagram for maskinfabrikker

På maskinværksteder er procesforløbet ofte noget anderledes, da der gerne indledes med afrensning eller affedtning på de emner, der skal repareres, efterfulgt af en eventuel demontering.

Såfremt nye bestanddele skal tilvirkes, er forløbet for disse dele den samme som på maskinfabrikker. De demonterede dele må ofte igennem endnu en afrensning, før de kan indgå i det normale procesforløb med bearbejdning, affedtning, sammenføjning og overfladebehandling.

## 4.2 Produktionsindretning

En maskinfabrik fra før 1950 har typisk bestået af følgende bygninger og anlæg /8/:

Maskinhall indeholdende:

- Smedesse med kulgrube
- Rum til metalformforandrende maskiner som f.eks. drejebænke og affedtningsanlæg mv.
- Svejseafdeling

Støberihal indeholdende:

- Støberum
- Renserum
- Modelsnedkeri

For beskrivelse af processer og miljøbelastninger i forbindelse med støberier henvises til branchebeskrivelsen af støberier.

Lager indeholdende:

- Støberimodeller
- Råvarer
- Færdigvarer

Udendørs kan der have været følgende oplag:

- Råvarer: Metal i stænger, plader (overdækkede), tromler med olie, affedtningsmiddel, maling/lak, skrot til støbning, kul i grube til smedeesse
- Nedgravede olietanke
- Affald: Metalskrot, metalspåner med indhold af køle- smøremidler til afdrypning, tomme tromler med rester af olie mv.

Nyere maskinfabriker vil typisk bestå af nedenstående anlæg:

Maskinhal med afdelinger, som er funktionsopdelt efter 1945/50 i stort lokale eller i adskilte lokaler. Gulv i maskinhal er af beton:

- Spåntagning o.l.
- Affedtning i forbindelse med galvanoprocesser i særskilt lokale sammen med galvanoprocessen, ellers ofte i et hjørne af maskinhallen
- Sprøjtekabine for maling/lakering
- Ovne til hærkning af stål. Gulv i maskinhal af beton
- Blæse eller slyngrensingsanlæg
- Anlæg til galvanisering eller varmforzinkning
- Lagerrum, evt. særskilt rum for affedtningsmidler, aflåst og uden afløb
- Færdigvarer, jern, stål og andre metalråvarer.

Udendørs oplag:

- Råvarer; metal i stænger, plader (overdækkede), tromler med olie, affedtningsmidler, maling/lak (udendørs aftapning af organiske opløsningsmidler kan forekomme).
- Nedgravede olie- og kemikalietanke.
- Affald; metalskrot, metalspåner til afdrypning for køle-smøremidler, tromler eller fade med olie/kemikalieaffald.

### 4.3 Arbejdsmetoder og miljøbelastning

Nedenfor er de enkelte arbejdsmetoder på en metalforarbejdende virksomhed beskrevet.

#### 4.3.1 Formforandrende processer

##### Arbejdsmetoder

De formforandrende processer foregår ved en lang række forskellige mekaniske og termiske påvirkninger af metalemnet, således som det er skitseret i figur 4.1. Generelt foregår disse processer ved stationære maskiner, og emnet, der behandles, foreligger i fast form.

En række af de mest benyttede maskiner i maskinbranchen er drejebænke, fræsere, bukkesmaskiner, shapere, standsemaskiner, pressemaskiner samt slibemaskiner, som kan være planslibere eller bænkslibere.

Formforandrende processer kan overordnet opdeles i massebevarende og masseformindskende processer.

De massebevarende processer til massiv formgivning hører almindeligvis hjemme i den tungere del af jern- og metalindustrien. Processernes anvendelse inden for maskinbranchen er derfor forholdsvis begrænset.

De masseformindskende processer, herunder specielt spåntagning, kan genfindes på enhver virksomhed inden for maskinbranchen. Processerne kan som hovedregel kendetegnes ved, at der sker en bortskæring af emnet i form af støv og spåner, samtidig med at der påsprøjtes køle-smøremiddel ved skærestedet.

Ved de formforandrende processer benyttes køle-smøremidler ved den mekaniske behandling af emnet. Køle-smøremidlerne kan opdeles i vandblandbare og ikke vandblandbare væsketyper.

Indholdsstofferne i køle-smøremidler kan inddeles i hovedkomponenter (eller basisstoffer, 1-2 stoffer) samt en række additiver. I bilag 2, figur 2.1, er der givet en oversigt over hovedkomponenter og additiver i forskellige køle-smøremidler. De i skemaet nævnte additiver dækker over en lang liste af enkeltstoffer, som der ikke redegøres for her. En detaljeret gennemgang er givet i reference /9/.

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

- De rene mineralolier er en blanding af flydende carbonhydrider med et varierende aromatinhold (fra 1 til 30% afhængig af raffineringsgrad). Derudover indeholder de ofte chlorerede paraffiner, frit svovl og svovlbehandlede olier. Der er ikke tilsat biocider. Før 2. Verdenskrig var disse køle-smøremidler dominerende.

- Emulsioner af mineralolier leveret som koncentrat med et mineralolieindhold på mere end 50%. Midlet fortyndes på virksomheden med vand. Af additiver skal biociderne fremhæves. Som biocider anvendes bl.a. chloresoler og didecyldimethylammonium-chlorid. I en periode fra ca. 1945/50 til ca. 1980 har der desuden i visse vandbaserede køle-smøremidler været tilsat chlorphenoler, f.eks. natrium pentachlorphenol og tetra-chlorphenol. Der er ved analyser på køle-smøremidler påvist 50-200 ppb dioxiner i enkelte af sådanne midler. Dioxiner optræder ofte som forureninger af de nævnte chlorphenoler /9/. Emulsioner af mineralolier er efter 2. Verdenskrig blevet det mest anvendte køle-smøremiddel.
- De syntetiske køle-smøremidler indeholder ikke mineralolie, men består af vand som hovedkomponent tilsat bl.a. korrosionsinhibitorer og biocider. De syntetiske væsker er kommet på markedet i 1960-erne og 1970-erne.

Før 1940 blev der ikke alle altid brugt køle-smøremidler. I nogle tilfælde har rent vand været benyttet som køle-smøremiddel. Med en efterhånden større drejehastighed på de drejede metalemner blev brugen af oliebaseerede køle-smøremidler en nødvendighed.

Køle-smøremidler og især dem, der er vandholdige, kan indeholde metaller på partikel-form, optaget fra værktøjet eller det bearbejdede emne.

Tabel 4.2 viser indholdet af zink, kobber, nikkel, cobolt og chrom i køle-smøremidler fra to forskellige virksomheder /10/.



Metal	Virksomhed	Højeste konc. mg/l	Laveste konc. mg/l
Zn	A	20	0,08
	B	13	0,6
Cu	A	16	0,02
	B	9	0,24
Ni	A	0,46	<0,01
	B	0,58	<0,01
Co	A	0,16	<0,01
	B	0,11	<0,01
Cr	A	0,12	0,01
	B	0,17	0,06
S	A	<125	<125
	B	2.100	260

**Tabel 4.2** Koncentrationsniveauer af opløste metaller fundet i brugte vandbaserede køle-smøremidler. Efter /11/

Køle-smøresystemet kan enten være udformet som et centralanlæg med fordeling til de enkelte maskiner via rørsystemer fra én stor tank (placeret indendørs over jorden) eller som individuelle uafhængige smøreanlæg med indbyggede tanke i maskinerne. Maskinerne kan rumme fra 30 til 200 l væske /12/.

Det årlige forbrug af køle-smøremidler ligger på ca. 30.000 tons, hvoraf ca. 33% vurderes at blive opsamlet som affald /12/.

Ved anvendelse af vandbaserede køle-smøremidler skal væskerne udskiftes ca. 4 gange om året med samtidig rensning af maskinerne med et organisk opløsningsmiddel.

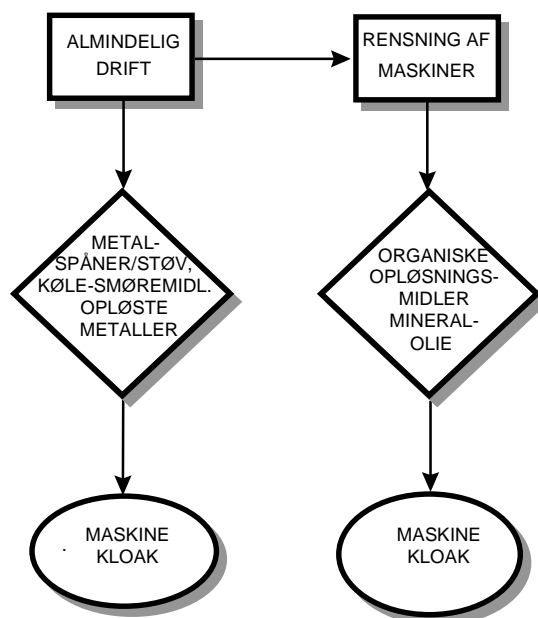
### Miljøbelastning

De organiske opløsningsmidler med rester af køle-smøremidler, som fremkommer ved rensning af maskinerne, må navnlig før 1976 formodes at være blevet ledt til kloak.

Inden i bygningerne kan der forekomme spild og udslip af køle-smøremidler omkring maskinerne og fra utætte rør og tanke tilhørende centralanlæg.

Udendørs kan der ske udslip direkte til jord eller befæstet område i forbindelse med henlæggelse af metalspåner til afdrypning. Dette har altid været og er fortsat normal praksis. Afdrypning i containere eller over metalbakker forekommer i dag i stigende omfang.

Forureningsrisikoen for jord og grundvand ved de masseformindskende processer kan skematiseres som vist på figur 4.3.



**Figur 4.3** Oversigt over arbejdsmetoder, potentielt forurenende stoffer/produkter samt potentielle forureningskilder ved formforandrende (masseformindskende) bearbejdning. Efter /2/

De mekaniske dele i de maskiner, der anvendes til de masseforandrende processer, smøres med diverse smøremidler som olie, sæbe og grafitfilm samt plasticfilm (polyethylen). Forureningsrisikoen kan afgrænses til de oliebaseerede smøremidler.

En eventuel forurening vil optræde ved den formgivende maskine som følge af spild og lignende. Bortskaffelse kan foregå via spildvandet eller sammen med fast affald. Miljøbelastningen fra anvendelsen af smøremidler vurderes generelt at være lav.

#### 4.3.2 Afrensning og affedtning

Metalaffedtning indgår 3 forskellige steder i produktionsforløbet:

- Affedtning af produktionsudstyr
- Affedtning ved reparation og vedligeholdelse
- Affedtning af emner efter bearbejdning og før overfladebehandling

Affedtningsprocesserne kan opdeles på følgende kategorier:

- Manuel affedtning
- Neddypning herunder ludkogning
- Dampaffedtning
- Elektrolytisk affedtning
- Højtryksrensning

- Blæsning og slyngrensning

I det følgende er de forskellige processer til affedtning beskrevet:

#### **4.3.2.1 Manuel affedtning**

##### **Arbejdsmetode**

Manuel affedtning udføres med børste, pensel, klud eller transportabelt højtryksudstyr, hvor affedtningsmidlet i spand, dunk, spray-dåse mv. transporteres rundt til de emner, der skal behandles. Til trods for at der i nogle af de øvrige affedtningsprocesser også forekommer manuelle arbejdsfunktioner af lignende karakter, skelnes der her mellem flytbare og stationære processer, hvor manuel affedtning defineres som en flytbar proces.

Manuel affedtning anvendes navnlig i forbindelse med reparations- og vedligeholdelsesarbejde enten af udefra kommende udstyr eller af eget produktionsudstyr. Manuel affedtning finder sted overalt i maskinbranchen, men med en overvægt inden for værkstedsområdet.

De mest udbredte affedtningsmidler på værkstedsområdet er diverse carbonhydridblandinger, herunder mineralsk terpentiner (5-25% aromatiske carbonhydrider: benzen, toluen, xylen samt alifatiske carbonhydrider) og cellulosefortynder (ca. 20% toluen og 70% methylisobutylketon).

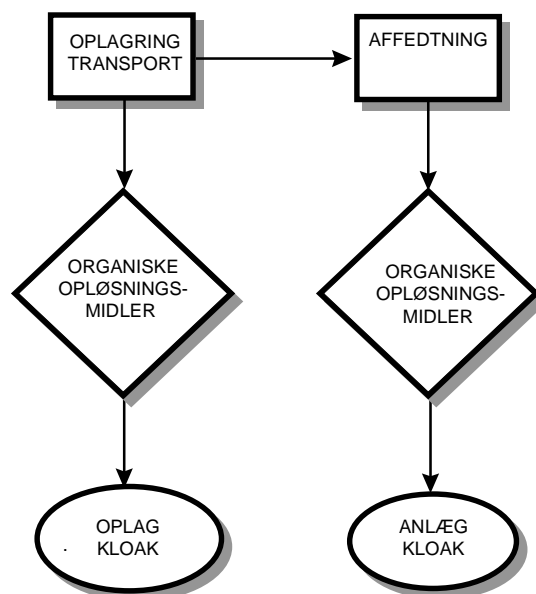
Til finere affedtning anvendes især 2-propanol og ethanol /13/. Men i øvrigt må man regne med, at der til den manuelle affedtning har været anvendt det samme organiske opløsningsmiddel, som har indgået i en eventuel neddypnings- eller dampaffedtningsproces /14/.

##### **Miljøbelastning**

Manuel affedtning har en høj risiko for spild af affedtningsmiddel på gulv eller jord, såfremt processen finder sted udendørs, hvilket ofte er tilfældet.

Ved anvendelse af transportabelt højtryksudstyr uden for særligt afskærmede områder (se senere under højtryksrensning) anvendes normalt blot vand, men processen kan være forlagt til udendørsarealer og hermed indebære forurening af jord eller befæstet areal med afrensede olier.

Forureningsrisikoen for jord og grundvand ved manuel affedtning er vist i figur 4.4.



**Figur 4.4** Oversigt over arbejdsmetoder, potentielt forurenende stoffer/produkter samt potentielle forureningskilder ved manuel affedtning

#### 4.3.2.2 Neddypningsprocesser

##### Arbejdsmetode

Neddypningsprocesser finder anvendelse overalt i maskinbranchen. De kan opdeles i 3 grupper afhængig af affedtningsmidlet. Fælles for processerne er, at affedtningen finder sted i et stationært kar eller vaskeskab, hvori emnerne placeres og eventuelt bearbejdes ved spuling eller børstning.

De benyttede affedtningsmidler er 1) Organisk opløsningsmiddel-baseret affedtning, 2) Neutrale eller svagt basiske vandbaserede affedtningsmidler og 3) Ludkogning med stærkt basiske affedtningsmidler.

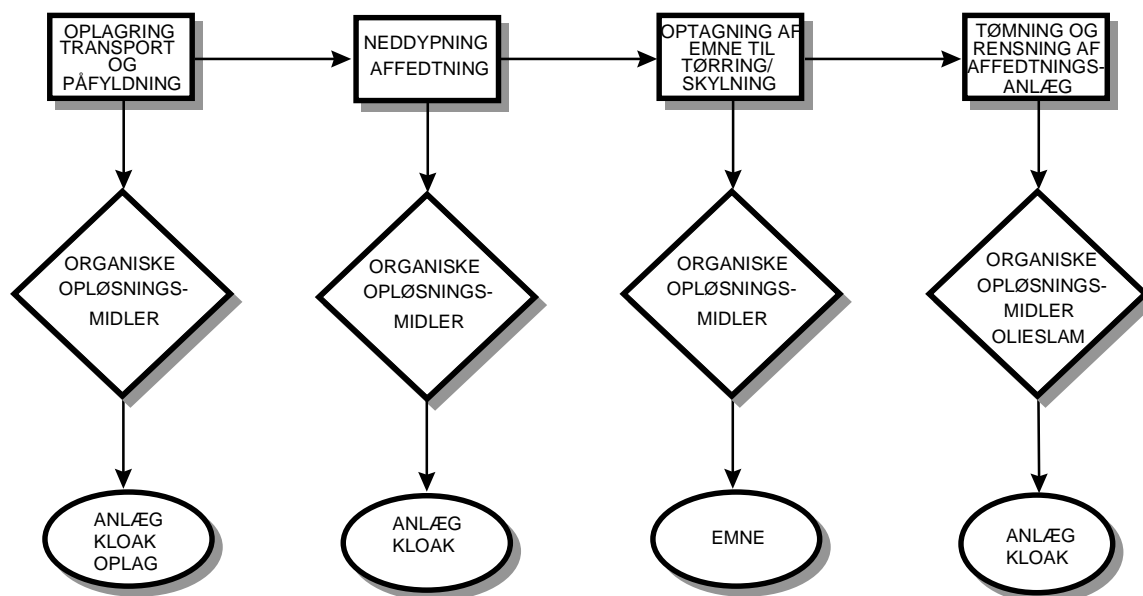
Historisk set er ludkogning den ældste form for affedtning. Den anvendes især til grovrensning af større emner. Ved ludkogning anvendes der en stærk base (lud) som f.eks. natriumhydroxid. Processen kan tage op til 24 timer.

De organiske opløsningsmidler har været anvendt fra omkring begyndelsen af dette århundrede. Deres anvendelse i neddypningsprocesser er ikke begrænset til nogen bestemt del af maskinbranchen og kan desuden sagtens være til stede side om side med ludkogning, specielt på værkstedsområdet, hvor der er behov for såvel grovrensning af store emner som finaffedtning af mindre dele.

##### Miljøbelastning

Affedtning ved neddypning kan give forurening med organiske opløsningsmidler til gulv og kloak fra de affedtede emner samt til gulv, kloak og jord med organiske opløsningsmidler og olieslam ved tømning og rensning af affedtningsanlægget.

Affedtningsprocessen kan ud fra et stofstrømsprincip opsplittes som vist i figur 4.5, hvor også forureningsforholdene fremgår.



**Figur 4.5** Oversigt over arbejdsmetoder, potentielt forurenende stoffer/produkter samt potentielle forureningskilder ved neddrypningsprocesser. Efter /2/

#### 4.3.2.3 Dampaffedtning

##### Arbejdsmetode

Dampaffedtning udvikledes i begyndelsen af dette århundrede og foregår i åbne eller lukkede anlæg, hvor opløsningsmidlet bringes på 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 inden for alle grene af maskinbranchen.

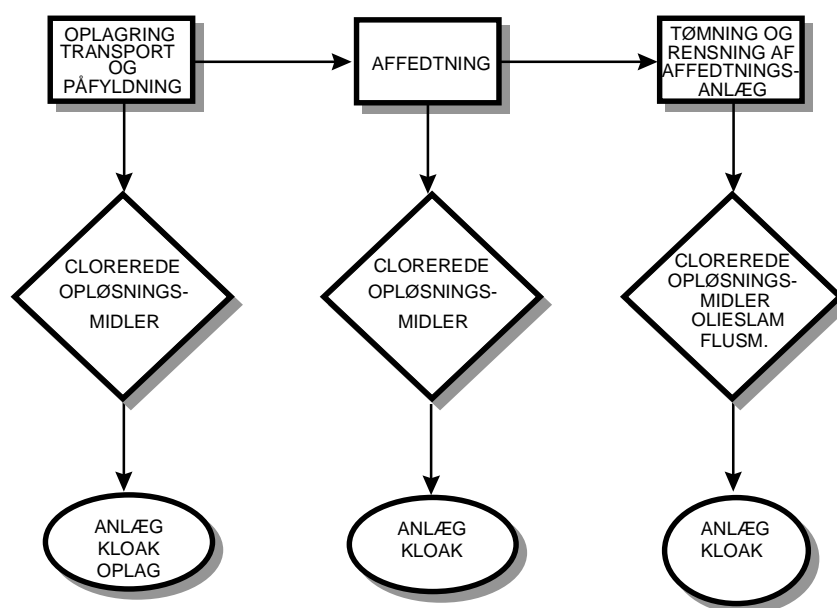
Dampaffedtning foretages med trichlorethylen som det mest anvendte opløsningsmiddel. Derudover anvendes tetrachlorethylen, dichlormethan, 1,1,1 trichlorethan og 1,1,2-trichlor-1,2,2-trichluorethan (freon 113).

1,1,1-trichlorethan har i løbet af de sidste 10-15 år i stor udstrækning erstattet trichlorethylen og anvendes særligt i anlæg af mindre størrelse.

Freon 113 er blevet anvendt efter 1950. Det benyttes hovedsageligt på elektronikvirksomheder til afrensning af flusmiddelrester fra trykte kredsløb.

## Miljøbelastning

Miljøbelastningen fra dampaffedtning fremgår af figur 4.6. Det er specielt spild ved påfyldning og tømning af anlæg, der kan være årsag til jord- og grundvandsforurening, men derudover skal man være opmærksom på udledning af det vand, der udskilles i anlægget samt utætheder i kar. Vandet vil typisk indeholde høje koncentrationer af chlorerede opløsningsmidler.



**Figur 4.6** Oversigt over arbejdsmetoder, potentielt forurenende stoffer/produkter samt potentielle forureningskilder ved dampaffedtning. Efter /2/

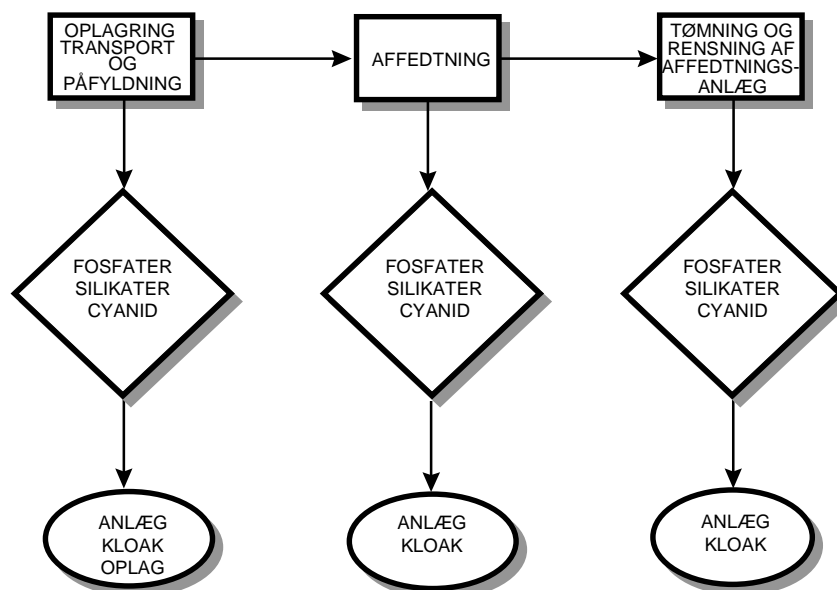
### 4.3.2.4 Elektrolytisk affedtning

#### Arbejdsmetode

Elektrolytisk affedtning har kun ringe udbredelse i maskinbranchen og anvendes hovedsageligt som finaffedtning forud for elektrolytisk metalbelægning. Der anvendes hovedsageligt bade med vandige opløsninger med basiske salte som fosfater og silikater samt overfladeaktive stoffer. Bade indeholdende natriumcyanid kan også forekomme /14/. Forud for elektrolytisk affedtning udføres ofte en anden form for affedtning som ludkogning eller dampaffedtning.

#### Miljøbelastning

Elektrolytisk affedtning indebærer en risiko for forurening med alkaliske affedtningsmidler samt cyanid forårsaget af spild eller direkte udledning af bade herunder skyllebade. Dette er vist i figur 4.7.



**Figur 4.7** Oversigt over arbejdsmetoder, potentielt forurenende stoffer/produkter samt potentielle forureningskilder ved elektrolytisk affedtning

#### 4.3.2.5 Højtryksrensning

##### Arbejdsmetode

Højtryksrensning kan udføres som manuel affedtning med transportabelt udstyr, hvor rensningen finder sted uden for særligt indrettede områder. Højtryksrensning finder imidlertid også sted som stationære processer både med manuelt betjent udstyr i særlige bokse, og som mekaniserede lukkede anlæg. Højtryksrensning anvendes over for emner med vanskeligt tilgængelige hul- og mellemrum.

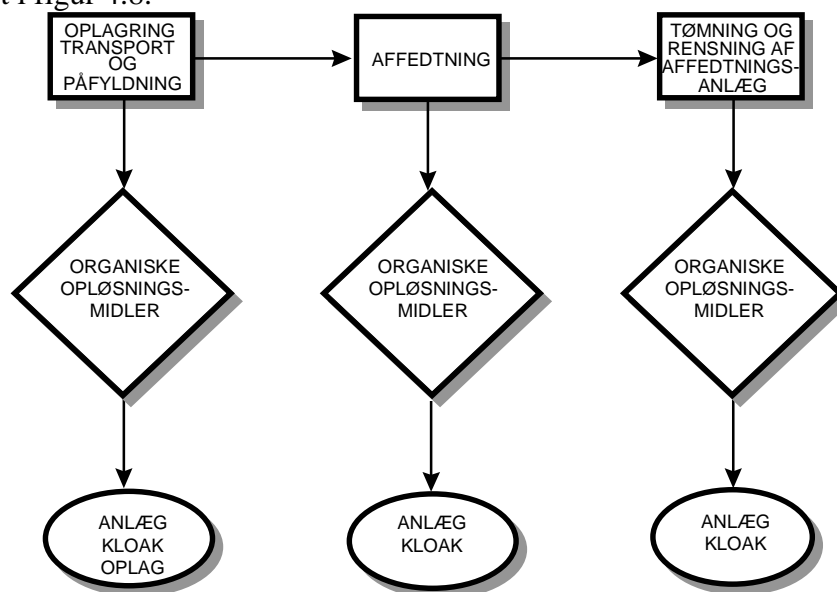
Ved højtryksrensning i særligt indrettede bokse er der tidligere i vid udstrækning anvendt organiske opløsningsmidler som f.eks. mineralsk terpentiner. Disse midler ses i dag ofte erstattet med vandbaserede affedtningsmidler, som cirkulerer i anlægget under rensning for partikler og spåner.

##### Miljøbelastning

Forureningsrisikoen for jord og grundvand ved højtryksrensning og brug af organiske opløsningsmidler består i følgende:

- spild under påfyldning af udstyr
- spild under rensning af anlæg/boks
- spild uden for bokse under betjening af udstyr
- spild uden for bokse i forbindelse med afdrykning af rensede emner
- spild i forbindelse med utætheder i udstyr og anlæg
- deponering/oplag på ejendom af råvare og opsamlet kemikalieaffald
- udledning til kloak af opsamlet kemikalieaffald

Dette er vist i figur 4.8.



**Figur 4.8** Oversigt over arbejdsmetoder, potentielt forurenende stoffer/produkter samt potentielle forureningskilder ved højtryksrensning

#### 4.3.2.6 Mekaniseret højtryksrensning

##### Arbejdsmetode

Mekaniseret højtryksrensning er en forholdsvis nyudviklet proces (ca. 1980) og anvendes som erstatning for dampaffedtningsanlæg med trichlorethylen. Processen finder anvendelse til emner med dybe huller og rengøring af anlæg. Generelt bedømmes risikoen som lav.

##### Miljøbelastning

Forureningsrisikoen ved mekaniseret højtryksrensning består hovedsageligt i forbindelse med påfyldning, tømning og rengøring af anlæg. Der er ikke optegnet en figur over miljøbelastningen, idet risikoen for forurening vurderes lav.

#### 4.3.2.7 Blæsning og slyngrensning

##### Arbejdsmetode

Blæsning og slyngrensning anvendes til at fjerne støbegratere og belægning i form af f.eks. maling og lak eller glødeskaller. Processen foregår ved, at et rensmiddel med stor kraft blæses eller slynges mod emnet ved hjælp af trykluft eller roterende skovle. Blæsning og slyngrensning finder anvendelse både på maskinfabrikker og maskinværksteder. Mest udbredt er anvendelsen i tilknytning til støbning.

Blæsning kan foregå i fri luft under genbrug af blæsemiddel i en stor kabine med genbrug af blæsemiddel eller i et blæseskab, som er det mest almindelige /14/. Slyngrensning



finder sted i lukkede anlæg, hvor rensmidler fremføres med hurtigt roterende skovle.

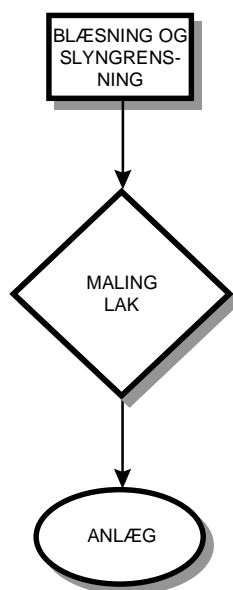
Til blæsning og slyngrensning benyttes kvartssand og stålsand, men også bl.a. kobberslagger, stålsand, glaskugler og nøddeskaller.

### Miljøbelastning

Miljøbelastningen fra blæsning og slyngrensning, vist i figur 4.9, består i udslip af rensmiddel og støv med indhold af metaloxider, maling og lakrester herunder diverse pigmenter som f.eks. bly- og zinkchromat.

Udslippet vil i første omgang ske omkring selve anlægget som følge af utætheder heri. Efterfølgende er der risiko for deponering af affaldet på virksomhedens grund og dermed forurening af jord med tungmetaller. Støvforurening af bygningsdele kan også komme på tale.

I bilag 2, figur 2.2, er der vist en oversigt over stoffer, der indgår i affedtningsmidler fordelt på affedtningsprocesserne.



**Figur 4.9** Oversigt over arbejdsmetoder, potentielt forurenende stoffer/produkter samt potentielle forureningskilder ved blæsning og slyngrensning

### 4.3.3 Sammenføjningsprocesser

Sammenføjningsprocesser kan inddeles i henholdsvis lodning, svejsning og limning, som er beskrevet i det følgende /15/:

#### 4.3.3.1 Lodning

##### Arbejdsmetode

Lodning udføres ved en række forskellige metoder og under anvendelse af et stort antal kemiske stoffer. Loddeprocessen består af en forbehandling af emnerne, ofte i form af affedtning, flusning til fjernelse af oxidlag og en sammenføjning af metaldele, hvor et materiale (loddet) med et lavere smeltepunkt end grundmaterialerne anbringes mellem de emner, der skal sammenføjes.

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 til bl.a. dåser, kølere og rørinstallationer. Hårdlodning anvendes f.eks., hvor større styrke og varmebestandighed er påkrævet.

### **Miljøbelastning**

Lodning vurderes ikke at udgøre nogen væsentlig risiko for forurening af jord og grundvand fra virksomheder inden for maskinbranchen.

Det vurderes dog, at lodning kan være medvirkende til forurening af selve den bygning, hvori processerne har fundet sted. Der findes ikke nogle undersøgelser af denne type forurening. Indholdsstofferne ved blød- og hårdlodning er vist i bilag 2, figur 2.3.

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. Forureningsforholdene ved fjernelse af flusmiddelrester er behandlet i afsnittet om affedtningprocesser.

Idet lodning ikke vurderes at udgøre nogen væsentlig risiko for jord- og grundvandsforurening er det valgt at udelade en figur over miljøbelastningen ved lodning.

### **4.3.3.2 Svejsning**

#### **Arbejdsmetode**

Svejsning finder anvendelse inden for alle grene af maskinbranchen. Svejsprocessen kan splittes op på dels afrensning af emner for fedt/olie og anden overfladebehandling samt sammenføjningen ved svejsning. Svejsning efterfølges gerne af en eller anden form for overfladebehandling, f.eks. maling eller lakering.

Afrensningen af emnerne før svejsning kan udføres ved slibning, afbrænding eller affedtning. Under selve svejsningen dannes der svejserøg bestående af partikler og gasser af de anvendte grundmaterialer og svejseelektroder samt eventuelt rester af overfladebelægning. Indholdsstofferne i svejserøg kan f.eks. være: jernoxid, bly, cadmium, kobber, chrom, fluor, zink, antimon, arsen samt i mindre mængder nikkel, molybdæn, zirkonium og vanadium



## Miljøbelastning

Jord- og grundvandsrisikoen ved svejsning ligger på niveau med lodning. Forurening af bygningsdele kan være sket, men der findes ikke her nogen konkrete undersøgelser af forholdene.

Svejserøgen med dens indhold af partikler og gasser vil blive udledt til udeluften via aftræk, åbne vinduer og døre, sætte sig på bygningselementer indendørs og blive opsamlet ved almindelig rengøring af lokalerne og herefter som støv blive deponeret på ejendommen eller indsamlet sammen med det faste affald.

Forurening fra svejseprocesser vil således typisk fremtræde som svag, diffus forurening af de øverste jordlag omkring virksomheden samt af bygningselementer.

Der er ikke udarbejdet en figur over miljøbelastningen ved svejsning grundet den lave risiko for jord- og grundvandsforurening.

### 4.3.3.3 Limning

#### Arbejdsmetode

Limning er en forholdsvis ny sammenføjningsproces inden for jern- og metalindustrien, og det vurderes, at den ikke har nogen speciel stor udbredelse inden for maskinbranchen. For hele jern- og metalindustrien er det i 1978 skønnet, at limning udgør langt under 1% af samtlige sammenføjninger /15/. Limning anvendes hovedsageligt til sammenføjning af aluminiumsemner samt til sammenføjning af plast med metal.

## Miljøbelastning

Limeprocessen vurderes ikke at udgøre nogen nævneværdig risiko for jord og grundvand, men der vil naturligvis være en mindre risiko i forbindelse med bortskaffelse af tømte limbeholdere. Hovedrisikoen ligger i den nødvendige forudgående affedtning, som er behandlet tidligere. De anvendte lime er gerne epoxylime med methylenchlorid, toluen, xylen el.lign. organisk opløsningsmiddel /16/.

Der er ikke optegnet figur over miljøbelastning ved limeprocessen.

### 4.3.4 Overfladebehandling

Overfladebehandlingen udgør den afsluttende behandling af metalemnerne, og i maskinbranchen benyttes især:

- Maling og lakering
- Hærdning
- Galvanisering
- Varmforzinkning

Galvanisering og varmforzinkning bliver og er kun blevet udført på et mindre antal større

maskinfabrikker som led i produktionen. Processerne er kort gennemgået nedenstående, men er ellers indgående behandlet i /17,18,19,11/, hvortil der henvises for videre information. Processerne hører hovedsageligt hjemme i en særskilt branche uden for maskinbranchens domæne.

#### 4.3.4.1 Maling og lakering

##### Arbejdsmetode

Maling og lakering foretages inden for alle grene af maskinbranchen. Malingen kan påføres manuelt med pensel, ved dyppelakering i et eller flere dyppekar, ved sprøjtelakering og som pulverlakering. Maling/lakering anvendes over for alle typer af metalemner /20/.

På værkstedsområdet dominerer den manuelle påføring. På maskinfabrikker med produktion af små serier anvendes fortrinsvis manuel påføring samt påsprøjtning i sprøjtekabine. Neddypning finder anvendelse i virksomheder med masseproduktion.

Maling og lakering kan ud fra et miljømæssigt synspunkt anses for indført i maskinbranchen omkring 1920. De produkter, der anvendtes på dette tidspunkt, var stort set enten oxydationstørrende produkter baseret på naturharpiks eller linolie med mineralsk terpentinsom opløsningsmiddel, eller fordampningstørrende produkter baseret på nitricellulose med opløsningsmidler tilhørende gruppen af estere (isobutylacetat, butylacetat) eller ketoner (acetone, methylethylketon) samt fortyndingsmidler som toluen og xylene.

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. chlorkautzok og PCB, og maling til ovnlakering kan indeholde trichlorethylen. En detaljeret redegørelse for maling- og lakprodukters udvikling, set i relation til jord- og grundvandsforurening, findes i reference /20/, hvortil der henvises.

Ud over anvendelse af egentlige maling- og lakprodukter skal tillige fremhæves påføring af rustbeskyttelsesmidler, hvor den kendte blymønje har været benyttet igennem hele perioden fra ca. 1920 og frem til i dag. Der er imidlertid også på dette felt fremstillet nye produkttyper bestående af bl.a. zinkchromat (efter 2. Verdenskrig).

Årligt forbruges der i maskinbranchen cirka 7.000 tons maling svarende til cirka 26% af forbruget af industrielle malervarer /20/.

Forud for pulverlakering kan der udføres en fosfatering, der affedter emnet og giver en korrosionsbeskyttelse samt en overflade, hvorpå malingen bedre kan binde sig. Fosfateringen udføres som en række bade med vandige opløsninger af fosfateringskemikalier, som kan være jernfosfat eller zinkfosfat.

## Miljøbelastning

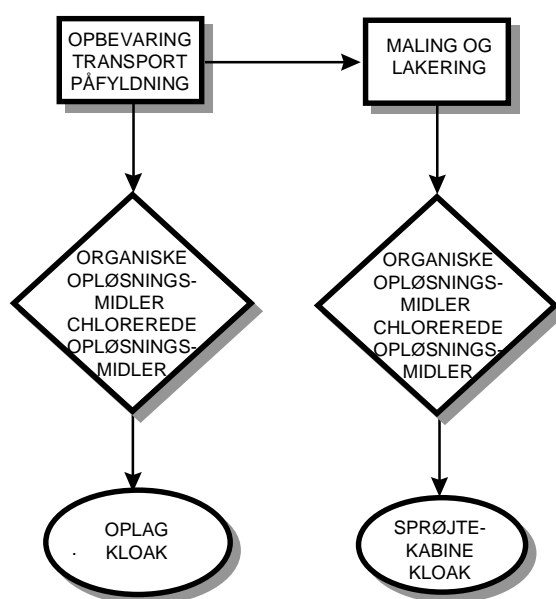
Forureningsrisikoen opstået ved maling og lakering er vist i figur 4.10 og kan opsummeres i følgende punkter:

Spild og uheld under opbevaring, transport og påfyldning af produkter kan forekomme både udendørs og indendørs.

Spild af produkt til gulv, vægge og evt. videre med afløb i forbindelse med påføring af produkt til emnet. Ved anvendelse af sprøjtekabine vil hele kabinen være forurenset med maling/lak.

Spild/udledning under rensning af sprøjteanlæg mv. omfatter både produkt og organiske opløsningsmidler. Kan forekomme både til gulv og direkte til afløb.

Spild i forbindelse med oplagring af tømte beholdere til maling/lakprodukter. Kan finde sted både indendørs og udendørs.



**Figur 4.10** Oversigt over arbejdsmetoder, potentielt forurenende stoffer/produkter samt potentielle forureningskilder ved maling og lakering

### 4.3.4.2 Hærdning

#### Arbejdsmetode

Hærdning af jern- og stålelementer udføres med henblik på at give emnet ekstra hårdhed og samtidig bevare dets sejhed og smidighed. Hærdning bevirker, at metallet lettere rustet. Processerne udføres bl.a. på skærende værktøj og maskindele som f.eks. aksler. De forskellige varmebehandlingsmetoder kan i korthed inddeles i hærdning, anløbning og indsætning.

Hærdning er en gammel smedeteknik, hvor jernemnet opvarmes til ca. 900°C og derefter afkøles ved dypning i en hærdevæske.

For at formindske de spændinger, der opstår i emnet ved hærdningen, efterfølges der gerne med den såkaldte anløbning, hvor emnet genopvarmes i olie eller eventuelt afbrændes efter neddykning i olie.

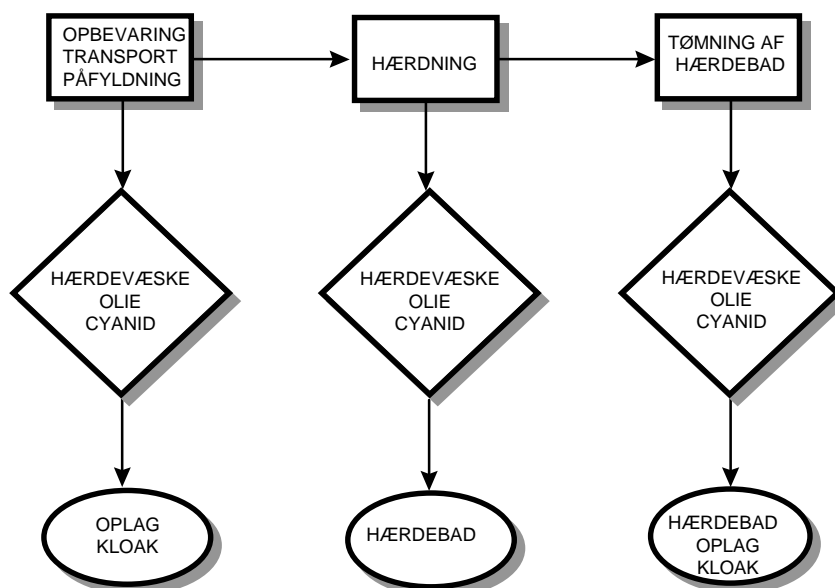
Indsætning er en hærde metode, hvorved emnets overflade beriges med kulstof, nitrogen eller bor. Indsætningen kan udføres ved hjælp af enten fast, flydende eller gasformigt medium.

### Miljøbelastning

Hærdning, anløbning og indsætning kan belaste miljøet ved spild og udledning af kasserede hærdevæsker indeholdende f.eks. svovlsyre eller olie samt opløste metaller fra emnet. Indsætning ved cyanidbade kan forurene med bl.a. natriumcyanid og bariumchlorid. Efter hærdningen skylles emnerne i skyllebade.

Badene fra hærdeprocessen kan være blevet afgiftet efterfølgende ved tilsætning af jernvitriol- jern II sulfat,  $\text{FeSO}_4$  - hvorved cyanidresten ( $\text{CN}^-$ ) fældes som blåfarvede tungtopløselige jernkomplekser. Barium fældes af sulfationen ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) til det meget tungtopløselige  $\text{BaSO}_4$  /22/. Cyanidbade til indsætning er den traditionelle metode. Den har været anvendt i hvert tilfælde fra omkring 1920. På værksteder kan processen være udført ved påsmøring af kaliumferrocyanid (kali) på det opvarmede emne /22/.

Miljøbelastningen består i spild og udledning af cyanidbade, fremgår af figur 4.11. Anvendelse af gasformige indsætningsstoffer behandles ikke her, idet metoden ikke anses for potentielt belastende for jord og grundvand.



**Figur 4.11** Oversigt over arbejdsmetoder, potentielt forurenende stoffer/produkter samt potentielle forureningskilder ved hærdning

#### 4.3.4.3 Galvanisering

##### Arbejdsmetode

Galvanisering giver metalemnet en korrosionsfast overflade og et æstetisk udseende. Metoden indebærer, at det rensede emne anbringes som katode i en metalholdig opløsning sammen med en anode af det metal, der ønskes overført til emnet.

Ved processen lægges et tyndt metallag på alle emnets frie overflader, men der opnås ikke nogen kemisk forbindelse med beskyttelseslaget som ved varmforzinkning. Inden emnerne kan galvaniseres, skal de være absolut rene, hvilket ofte indebærer 2-3 rengøringsprocesser.

Passivering er en galvanisering af dårligere kvalitet, hvor der benyttes bade med f.eks. chromsyre.

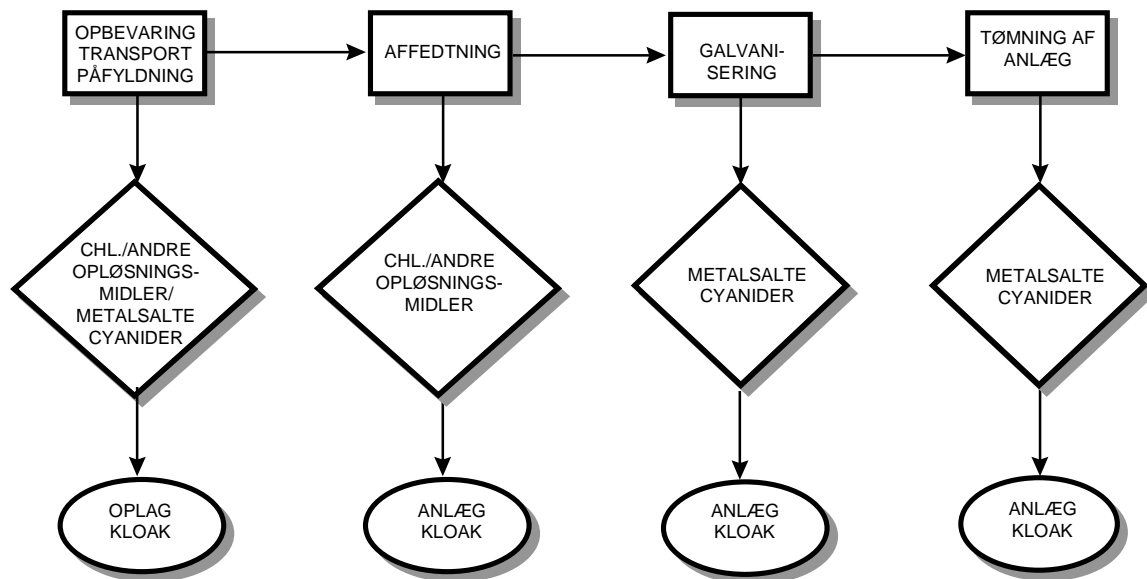
##### Miljøbelastning

Galvanisering kan belaste miljøet ved spild og udledning af affedtningsmidler, der indeholder olie, fedt, skæreolier, metaller mv. De benyttede affedtningsmidler har været opløsningsmidler af terpentin og petroleumstypen. Senere er disse blevet erstattet af chlorerede og fluorerede opløsningsmidler, og der benyttes også bade af lud og soda tilsat cyanider. Udviklingen er gået i retning af kun at bruge rene "ludbade", men dette er dog langt fra almindeligt indført. Rengøring ved afsyring kan forurene med især svovlsyre og saltsyre samt metalsalte.

De benyttede metaller til galvanisering har især været kobber, nikkel, krom, zink og tin, men også bly, cadmium, molybdæn, jern, ædelmetaller, som alle kan udgøre potentielle forureninger.

Forureningsrisikoen for jord- og grundvand ved galvanisering er vist i figur 4.12.





**Figur 4.12** Oversigt over arbejdsmetoder, potentielt forurenende stoffer/produkter samt potentielle forureningskilder ved galvanisering

#### 4.3.4.4 Varmforzinkning

##### Arbejdsmetode

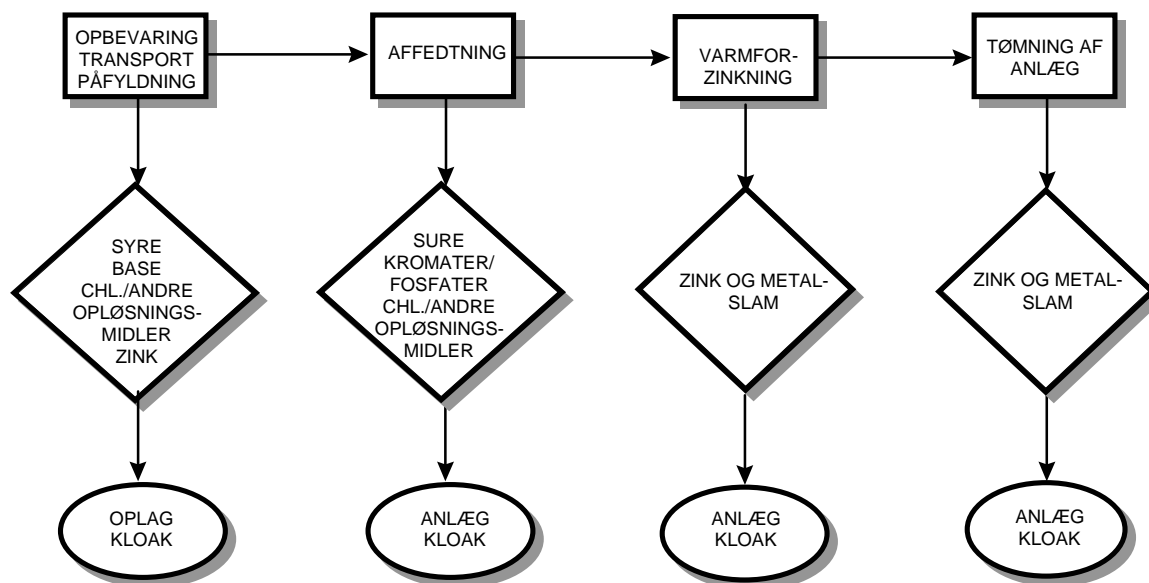
Varmforzinkning, ofte benævnt varmgalvanisering, giver uden sammenligning den bedste korrosionsbeskyttelse af blødt stål. Metoden indebærer, at det rensede emne dyppes i flydende zink ved mindst 450 °C. Zink og jern går i indbyrdes opløsning og danner et fast-siddende, men sprødt legeringslag, hvor der yderst eventuelt findes et lag rent zink /23/.

Inden emnerne kan varmforsinkes, skal de være absolut rene, hvilket ofte indebærer 2-3 rengøringsprocesser. Eventuelt viderebehandles det forzinkede emne for at øge korrosionsbestandigheden eller af hensyn til en efterfølgende bemaling.

##### Miljøbelastning

Varmforzinkning kan forurene i forbindelse med rengøringsprocesserne, der kan foregå i store kar med syre eller base, hvori metaller fra emnerne vil blive opløst. En mekanisk afrensning kan medføre en betydelig mængde metalstøv på rensepladsen. Der kan ske forurening med sure kromater eller fosfater. Varmforzinkning kan medføre en kraftig forurening med zink og metalslam.

Forureningsrisikoen for jord- og grundvandsforurening ved varmforsinkning fremgår af figur 4.13.



**Figur 4.13** Oversigt over arbejdsmetoder, potentielt forurenende stoffer/produkter samt potentielle forureningskilder ved varmforzinkning

## 5 FORURENINGSRISIKO

### 5.1 Oversigt over potentielle forureningskilder

I nedenstående tabel er lavet en uprioriteret opgørelse over processer, kilder, spredning og forurenende stoffer/produkter. En oversigt over stofsammensætningen af de hyppigst forekommende miljøskadelige komponenter inden for en række produktgrupper er givet i bilag 2.

PROCES	KILDER	SPREDNING	FORURENENDE STOFFER/PRODUKTER
Formforandrende processer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Udendørs afdrypning af metalspåner og emner</li> <li>• Maskiner, rør og tanke til kølesmøremidler</li> <li>• Kloak</li> <li>• Oplag</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spild ved afdrypning af metalspåner og emner</li> <li>• Spild og udslip omkring maskiner</li> <li>• Spild ved påfyldning af maskiner</li> <li>• Spild ved tømning og rensning af maskiner</li> <li>• Utætheder i rør og tanke til kølesmøremidler</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mineralolier (aromater, chlorerede paraffiner, svovl)</li> <li>• Biocider (chlorphenoler f.eks. tetrachlorphenol, pentachlorphenol)</li> <li>• Zn, Cu, Ni, Cr (+ andre opløste metaller)</li> </ul>
Afrensning og affedtning	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Udendørs affedtning</li> <li>• Affedtningsanlæg, kar og bade</li> <li>• Kloak</li> <li>• Oplag</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spild ved affedtning</li> <li>• Spild ved påfyldning af affedtningsanlæg</li> <li>• Spild ved tømning og rensning af affedtningsanlæg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mineralsk terpentin</li> <li>• Cellulosefortynder</li> <li>• Petroleum</li> <li>• Benzin</li> <li>• Ethanol</li> <li>• 2-propanol</li> <li>• Trichlorethylen, tetrachlorethylen, dichlormethan, 1,1,1 trichlorethan, 1,1,2-trichlor-1,2,2-trichlorethan (freon 113)</li> </ul>
Sammenføjningsprocesser	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lodde- og svejseapparat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fordampning af lodde og flusmiddel</li> <li>• Svejserøg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diverse metaller fra lodning/svejsning</li> </ul>
Maling/lakering	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sprøjteanlæg og sprøjtekabiner</li> <li>• Oplag af dunke og tromler</li> <li>• Kloak</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ved påfyldning af maling på sprøjteanlæg</li> <li>• Ved påføring af maling til emne</li> <li>• Rensning af sprøjteanlæg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Linolie</li> <li>• Mineralsk terpentin</li> <li>• Cellulosefortynder</li> <li>• Diverse opløsningsmidler i malingen</li> </ul>

PROCES	KILDER	SPREDNING	FORURENENDE STOFFER OG PRODUKTER
Hærdning	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anlæg til hærdning</li> <li>Oplag</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Spild fra hærdebade</li> <li>Spild ved påfyldning og tømning af hærdebade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cyanid</li> <li>Mineralolie</li> <li>Zn, Cu, Ni, Cr (+ andre opløste metaller)</li> </ul>
Galvanisering	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anlæg og bade</li> <li>Oplag</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Spild fra anlæg og bade</li> <li>Spild ved påfyldning og tømning af bade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mineralsk terpentin</li> <li>Petroleum</li> <li>Chlorerede/fluorerede opløsningsmidler</li> <li>Cyanider</li> <li>Cu, Ni, Cr, Zi, Sn</li> <li>Pb, Ca, Mo, Fe</li> </ul>
Varmforzinkning	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anlæg og bade</li> <li>Oplag</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Spild fra anlæg og bade</li> <li>Spild ved påfyldning og tømning af bade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mineralsk terpentin</li> <li>Petroleum</li> <li>Chlorerede/fluorerede opløsningsmidler</li> <li>Cyanider</li> <li>Zn</li> <li>Syre/base</li> <li>Sure chromater og fosfater</li> </ul>
Øvrige aktiviteter	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nedgravede olietanke</li> <li>Nedgravet affald</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utætheder samt spild ved påfyldning</li> <li>Tomme kemikalieemballager</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fyringsolie</li> <li>Principielt alle stoffer</li> </ul>

**Tabel 5.1** Miljøbelastning ved metalforarbejdende virksomheder

## 5.2 Stofbeskrivelse - kemiske data

I bilag 1 findes datablade for udvalgte kemiske stoffer. Der er udarbejdet datablade for følgende kemiske stoffer:

- Benzen
- Toluen
- Ethylbenzen
- Xylener
- Benz(a)pyren
- Methylisobutylketon
- Pentachlorphenol
- Formaldehyd
- Tetrachlormethan
- Trichlormethan
- Trichlorethylen

- 1,1,2,2-Tetrachlorethylen
- 1,1,1-Trichlorethan
- 2-Propanol
- Chom
- Kobber
- Nikkel
- Zink

Databladene viser fysisk-kemiske data som molvægt, densitet, kogepunkt, damptryk, vandopløselighed og oktonol-vand fordelingskoefficient. Endvidere er det anført, om stoffet er optaget på listen over farlige stoffer /24/.

Ud fra de fysisk kemiske egenskaber er det i databladet anført, i hvilken fase (jord, vand eller luft) man vil forvente lettest at finde stoffet.

Stofferne er udvalgt på baggrund af formodet hyppighed og farlighed.

## **6       UNDERSØGELSER**

### **6.1     Historik**

#### **6.1.1   Historisk kortlægning**

Forud for enhver teknisk undersøgelse er det vigtigt at få beskrevet de aktiviteter, som man har mistanke om kan have medført forurening. Dette gøres ved at gennemgå forskellige historiske kilder.

Jo bedre oplysninger der er om de aktiviteter, der er foregået, jo mere målrettet kan den tekniske undersøgelse blive.

Strategien i forbindelse med den historiske kortlægning afhænger af, hvilke oplysninger der søges efter.

I det følgende er kildegennemgangen opdelt i tre faser efter, hvilke oplysninger som ønskes:

- Oplysninger om lokalisering af muligt forurenende virksomheder  
  
          Indhentning af oplysninger om, hvor der har været virksomheder, som mistænkes for at være forurenede - med henblik på en generel kortlægning af forurenede lokaliteter.
- Oplysninger om branchen  
  
          Indhentning af oplysninger, som er specifikke for branchen for at opnå et generelt branchekendskab.
- Oplysninger om lokaliteten  
  
          Indhentning af oplysninger om de aktiviteter, der er foregået på den pågældende lokalitet med henblik på en registreringsundersøgelse.

##### **6.1.1.1  Oplysning om lokalisering af muligt forurenende virksomheder**

Det at finde frem til, hvilke lokaliteter der kan være forurenede, forudsætter, at man ved hjælp af mere "brede" historiske kilder, som vejvisere, telefonbøger, lokalvejvisere og annonceværker, har lokaliseret de ejendomme, hvor der har ligget en virksomhed inden for den branche man kortlægger. Kendetegnene for disse historiske kilder er, at de har en bred dækning, men en lav detaljeringsgrad.

Vedrørende industrikortlægning generelt henvises til Lossepladsprojektet, Udredningsrapport U6, "Kilder til industrikortlægning", december 1989, som er en bibliografi over industrihistorisk litteratur og kildemateriale.

### 6.1.1.2 Oplysninger om branchen

Af litteratur, der beskriver de metalforarbejdende virksomheder, kan udover denne branchebeskrivelse nævnes:

- Historisk beskrivelse af maskinbranchens mulige miljøbelastning - specielt med henblik på jord- og grundvandsforurening. Carl Bro 1992.

### 6.1.1.3 Oplysninger om lokaliteten

Den efterfølgende kildegennemgang retter sig mod beskrivelsen af de aktiviteter, der er foregået på den enkelte kortlagte ejendom, i forhold til at skulle gennemføre en registreringsundersøgelse.

I forbindelse med tilrettelæggelsen af en registreringsundersøgelse kan de historiske kilder opdeles i forhold til, om der søges oplysninger om

- Lokalisering og driftsperiode
- Fysisk indretning og udvikling heri
- Identifikation af processer, oplag og produktionsomfang samt udvikling heri
- Identifikation af håndterede miljøfarlige stoffer og lokalisering af hotspots
- Oplysninger om brand eller ulykker

Der knytter sig forskellige kildemæssige muligheder og tilgange afhængig af, hvilke oplysninger der søges.

#### Lokalisering og driftsperiode

- Kommunens arkiver (adresse, matr.nr., ejerforhold)
- Tingbog (driftsperiode)

Tingbogen vil normalt være nok til at kunne oplyse driftsperioden, som supplement kan evt. gennemgås

- Kraks: Danmarks ældste forretninger
- Festskrifter
- Vejvisere
- Brancheforeninger
- Virksomhedsarkiver (f.eks. Erhvervsarkivet eller det Kgl. Bibliotek)
- Lokalhistorisk arkiv

#### Fysisk indretning og udvikling heri

1. Dansk Tarifforenings inspektionsberetninger  
(adgang mulig for nedlagte virksomheder)

- Kommunens arkiver  
(ejendoms-, bygnings- og miljøforvaltning samt byplan- og vejafdeling for oplysninger om indretning, grund- og situations- og kloakplaner, oplysning om nedgravede tanke og deres status, oplag, miljøsager m.m.)
- Lodfotos fra Kort- og Matrikelstyrelsen, amter og kommuner
- Skrå-/flyfotos fra lokalhistorisk arkiv, museer, Det Kgl. Bibliotek, f.eks. Sylvest Jensens fotosamling.
- Poliarkiv  
(kun ved oplag af brandfarlige væsker. Kræver årstalsangivelse for sagsbehandling af den pågældende på arkivet)
- Industrialismens bygninger og boliger (Nationalmuseet i Brede)

### **Identifikation af processer, oplag og produktionsomfang samt udvikling heri**

- Dansk Tarifforenings inspektionsberetninger
- Arbejdstilsynets inspektionsberetninger (tidligere Fabrikstilsynet)
- Festskrifter, tidsskrifter, avisartikler
- Interviews af tidligere ansatte på virksomheden eller hos kommunen

### **Identifikation af håndterede miljøfarlige stoffer og lokalisering af hotspots**

Det vil her være relevant at gennemgå kilderne under ovenstående punkt - dog suppleret med teknisk historisk litteratur, som kan beskrive sammenhængen i branchespecifikke produktnavne og stoffer, samt delprocesser.

- Karl Meyer Vareleksikon (1951)
- Politikens Sådan laves det (1966)
- Charles Singer: A history of technology (1958)

I øvrigt henvises til litteraturlisten kap. 7 i denne branchebeskrivelse, samt Lossepladsprojektet, Udredningsrapport U6, "Kilder til industrikortlægning", december 1989.

### **Oplysninger om brand eller ulykker**

Hos ejer/bruger, brandmyndigheder og kommune søges oplysninger om brande eller større ulykker, hvor der kan være spredt forurening.

På lokaliteter, hvor der er eller har været metalforarbejdende virksomhed, er det afgørende at kortlægge, hvorvidt der er udført formforandrende aktiviteter, affedtninger, sammenføjninger og overfladebehandlinger og i bekræftende fald, hvor disse aktiviteter helt præcist er udført. I alle tilfælde er det især vigtigt at få oplysninger om volumen og art af brugte køle-smøremidler og affedtningsmidler.



Registreringsundersøgelsen bør målrettes mod de lokaliteter på grunden, som kortlægningen har afsløret som potentielt forurenede. Det er lokaliteter, hvor der er udført forurenende aktiviteter, oplagret eller deponeret forurenende stoffer samt afledt forurenende stoffer. Registreringsundersøgelsen bør dog også i så stor udstrækning som muligt beskrive hele grundens forureningsmæssige situation, da ikke alle forurenede lokaliteter på grunden nødvendigvis er beskrevet ved den historiske kortlægning.

### 6.1.2 Status for branchens miljøbelastning

På metalforarbejdende virksomheder kan der som omtalt i de tidligere afsnit være flere kilder til jord og grundvandsforurening. I kapitel 4 og 5 er der udarbejdet oversigter over mulige miljøbelastninger fra de forskellige aktiviteter, der kan foregå/har foregået på autoværksteder. I oversigterne er de mest sandsynlige miljøbelastninger nævnt.

I bilag 2, figur 2.4, er der vist et oversigtsskema over processer og miljøbelastninger fra alle 4 delprocesser på metalforarbejdende virksomheder, dvs. formforandrende bearbejdning, afrensning/affedtning, sammenføjningsprocesser og overfladebehandling.

Generelt må det antages, at affedtning med organiske opløsningsmidler udgør den største kilde til forurening af jord og grundvand. Brug af køle-smøremidler kan også i væsentlig grad bidrage til forurening af jord og grundvand. De historiske forhold på en lokalitet må afgøre, hvorvidt der også kan være tale om andre forureningskilder.

På baggrund af tabellerne i kapitel 4 og 5 er der nedenfor givet en prioriteret liste over forureningskilder på en metalforarbejdende virksomhed. Listen er baseret på erfaringer fra Carl Bro as. Der gøres opmærksom på, at listen er baseret på GENERELLE erfaringer, hvorfor listen i hvert enkelt tilfælde skal vurderes sammen med de konkrete forhold på den aktuelle metalforarbejdende virksomhed.

<i>Kilder, som <b>altid medtages</b> i en undersøgelse</i>
Affedtningsanlæg, -kar og -bade
Anlæg til maling/lakering, hærkning, galvanisering og varmforzinkning
<i>Kilder, som <b>anbefales medtaget</b> i undersøgelsen</i>
Utætte kloakker
Maskiner og tanke til køle-smøremidler
Nedgravede olietanke med tilhørende rørføringer, påfyldning og udluftning
<i>Kilder, som <b>i specielle tilfælde kan medtages</b> i en undersøgelse</i>
Afdrypning af metalspåner og emner
Udendørs oplag af olie og kemikalier

På metalforarbejdende virksomheder anbefales at undersøge for såvel jord- som grundvandsforurening.

## **6.2 Teknisk undersøgelse**

### **6.2.1 Prøvetagning**

De potentielt miljøbelastende kilder i forbindelse med metalforarbejdende virksomheder er primært spild, afdrypning og afledning af køle-smøremidler indeholdende metaller samt spild og afledning af affedtningsmidler. Derudover er det specifikke miljøbelastende aktiviteter og stoffer ved de forskellige typer af overfladebehandlinger. Undersøgelsen bør derfor især koncentreres, hvor ovennævnte processer er udført.

#### **6.2.1.1 Boringer**

Jordprøver udtages i tilknytning til udførelse af lokaliserings- og undersøgelsesboringer. Udførelse af boringer og udtagning af jord- og vandprøver er beskrevet i Miljøstyrelsens generelle branchevejledning /25/, hvortil der henvises. Boringer er velegnede til at undersøge koncentrerede forureningskilder samt til undersøgelser af grundvandsforurening.

Det anbefales, at der nedstrøms de potentielle forureningskilder udføres én eller flere filtersatte undersøgelsesboringer med henblik på vandprøvetagning i eventuelle terrænnære grundvandsmagasiner.

#### **6.2.1.2 Gravninger**

Gravninger er velegnede til at undersøge de terrænnære jordlag for forurening på store arealer. Gravningerne kan udføres med maskine, f.eks. rendegraver eller bob cat eller med håndkraft med spade eller jordspyd/håndbor.

I forbindelse med undersøgelse af terrænnære forureninger, f.eks. hvor metalspåner eller bearbejdede emner har stået til afdrypning af køle-smøremidler, kan det overvejes at supplere borearbejdet med gravninger.

#### **6.2.1.3 Poreluftmålinger**

For at placere boringerne mest ideelt i forhold til de potentielle forureningskilder kan det i nogle tilfælde være hensigtsmæssigt at placere boringerne inde i bygninger eller udføre poreluftmålinger under gulv, f.eks. ved tri-kar.

Ved undersøgelse for flygtige komponenter som f.eks. chlorerede kulbrinter, mineralsk terpentiner eller cellulosefortynder i tilknytning til affedtningsanlæg, afløbsledninger, kemikalieopbevaring eller lignende, kan der med fordel udføres poreluftmålinger.

Poreluften udtages ved hjælp af jordspyd, der hamres ned i jorden. Analyse af poreluften kan foregå enten ved direkte injektion i transportabel gaschromatograf (GC) ved hjælp af glassprøjte eller Tedlarpose, eller ved opsamling på kulrør og efterfølgende analyse på laboratorium. Den relative mængde af flygtige ioniserbare stoffer i poreluften kan endvidere bestemmes i felten ved en PID-måling. Der henvises til Miljøstyrelsens generelle branchevejledning /25/, hvor poreluftmetoden er beskrevet.

## 6.2.2 Analyser

### 6.2.2.1 Indledende prøvebeskrivelse

Den indledende karakterisering foretages på samtlige jordprøver, der er udtaget i forbindelse med feltarbejdet.

Den indledende karakterisering bør omfatte:

- Registrering af laggrænser i jordprofilet
- Geologisk karakterisering i felten
- Registrering af misfarvninger
- Registrering af evt. lugt
- PID-måling (måling med photoionisationsdetektor)
- FID måling kan evt. benyttes hvis f.eks. specielt Trichlorethan eftersøges

Retningslinier for udførelse af PID-måling er anført i Miljøstyrelsens generelle vejledning /25/.

For vandprøver vil det som regel på forhånd være besluttet, hvilke boringer der skal benyttes til prøvetagning, hvorfor der som regel ikke foretages en indledende karakterisering.

### 6.2.2.2 Feltanalyser

På metalforarbejdende virksomheder kan det anbefales at anvende følgende feltanalyser:

- Tungmetalscreening med røntgentfluorescenceteknik (EDXRF)
- Screening for oliekomponenter med Felt Test Kit

Metalforurening lader sig ikke spore med den indledende karakterisering. Det skal derfor overvejes at supplere den indledende karakterisering med anvendelse af feltmetoder til metalscreening af et større antal jordprøver.

Som hjælp til udvælgelse af jordprøver, men også til afgrænsning af forureningen, kan feltmetoder til metalscreening anvendes. Feltmetoderne er baseret på røntgenfluorescenceteknik, XRF.

Ved undersøgelse af store arealer for en diffus forurening, som f.eks. lokaliteter, hvor der har været afdrykning af metalspåner for køle-smøremidler indeholdende metaller, vil det ubetinget være en fordel at anvende XRF-teknikken til screening af et stort antal prøver fra lokaliteten med henblik på at kortlægge forurenede områder, idet man med XRF kan opnå:

- at screene et stort antal prøver for indhold af metaller på en økonomisk måde
- at screeningerne evt. kan udføres i felten samtidig med prøveudtagningen, således at man løbende kan tilrettelægge feltarbejdet efter resultaterne
- at få et indtryk af, hvor meget jordens inhomogenitet betyder for resultaterne

Når de forurenede områder er udpeget, kan man udvælge prøver til analyse ved en af de vådkemiske metoder. XRF-screeningerne bør kombineres med vådkemiske analyser af følgende årsager:

- for at opnå lavere detektionsgrænser (til verificering af “rene” områder)
- for eventuelt at analysere for de metaller, der ikke medbestemmes ved XRF (Hg+Cd)
- for at få et grundlag for at sammenligne de målte niveauer med forskellige “grænseværdier”, der oftest er fastsat på baggrund af vådkemiske metoder. Ved XRF fås typisk højere værdier for metallerne end ved f.eks. AAS alene på grund af forskellen i prøvebehandling.

Da pH har betydning for vurdering af metallernes mobilitet i jorden, kan måling af pH medtages i analyseprogrammet.

Metalscreening - EDXRF	
Anvendelsesområde	Almindeligvis medbestemmes Cr, Ni, Cu, Zn, As og Pb med de fleste typer EDXRF-udstyr
Kort om princip	Måling af metallerne med røntgenfluorescenceteknik direkte på jordprøven (evt. først tørret)
Fordele	Ingen oplukning eller prøveforberedelse Kan anvendes i felten Væsentligt billigere end andre metalscreeningsmetoder
Ulemper	Bestemmer jordens totale indhold af de forskellige metaller, Detektionsgrænseniveauet er højere end ved AAS og ICP analyser
Henvisninger	/26/

I forbindelse med registreringsundersøgelser kan man med fordel anvende diverse Felt Test Kit. Anvendelse af Felt Test Kit skal ikke betragtes som en erstatning for laboratorieanalyser, men derimod som et supplement til registreringsundersøgelsen. Desuden er Felt Test Kit et værktøj til udvælgelse af laboratorieanalyser. Der findes i dag på markedet et bredt udvalg af diverse Felt Test Kit, og der udvikles til stadighed nye metoder.

Felt Test Kit - Kemisk kolorimetrisk bestemmelse	
Anvendelsesområde	Aromatiske hydrocarboner (benzin, diesel, fyringsolie, spildolie). PAH-forbindelser medbestemmes ikke.
Kort om princip	Kort ekstraktion med heptan. Efterfølgende farvereaktion efter tilsætning af reagens. Farveintensiteten sammenlignes med kendte standarder.
Fordele	Hurtig Prisbillig Kræver kun simpel og kort introduktion Visse test kits kan anvendes både til jord og vand
Ulemper	Falske positive resultater ved tilstedeværelse af naturligt forekommende organiske komponenter i jorden (humus)
Henvisninger	Carl Bro as

Felt Test Kit - Immunoassay	
Anvendelsesområde	Olieprodukter
Kort om princip	Ekstraktion med methanol. Ekstraktet tilsættes reagenser bl.a. antistoffer/enzymer, som reagerer med farve, hvis prøven ikke indeholder oliekomponenter over en forudbestilt koncentration. Testniveauer kan bestilles efter behov. Farveintensiteten bestemmes ved hjælp af spektrofotometer
Fordele	Stofspecifik. Der findes f.eks også test kit til PAH-forbindelser. Mere nøjagtig koncentrationsbestemmelse end ved kolorimetrisk bestemmelse
Ulemper	Kræver kemisk uddannet personel og gerne indendørs faciliteter
Henvisninger	/26/

### 6.2.2.3 Kemiske analyser

For at opnå det mest optimale analyseprogram er det vigtigt allerede i planlægningsfasen at have en god dialog med analyselaboratoriet. Laboratoriet bør så præcist som muligt informeres om, hvilke parametre man ønsker at bestemme. Herved kan laboratoriet tage de relevante forholdsregler med hensyn til analysemetoder, ekstraktionsmidler m.m., så de bedst mulige analyseresultater sikres.

Nedenfor er der givet forslag til analyseprogrammer for såvel jord-, vand- og poreluftsprøver. Analyseprogrammerne medtager de komponenter, der er hyppigst forekommende på lokaliteter, hvor der er eller har været metalforarbejdende virksomhed.

Såfremt der ved den historiske redegørelse eller de efterfølgende undersøgelser fremkommer indikationer på andre former for forurenende stoffer, modificeres forslagene, således at der altid eksisterer den bedst mulige overensstemmelse mellem undersøgelsesprogrammet og den konkrete lokalitet.

### 6.2.2.3.1 Jordprøver

Det anbefales, at udvalgte jordprøver analyseres for stofferne anført i tabel 6.1.

Analyse-program	Følgende parametre medbestemmes	Analysemetode	Detektions-grænseniveau
Organiske stoffer	BTEX Mineralsk terpentin Cellulosefortynder Petroleum Mineralolie	Ekstraherbare, organiske stoffer ved GC-FID evt. i kombination med GC-MS	Ca. 0,1 mg/kg TS for enkeltkomponenter. 2-50 mg/kg for sammensatte produkter.
Metaller	Chrom Kobber Nikkel Zink	ICP eller AAS	0,1-2 mg/kg

Note: De anførte detektionsgrænser er hentet fra gældende metodebeskrivelser og prislister fra et udvalg af danske analyselaboratorier i løbet af den periode, hvor branchebeskrivelsen er blevet til, d.v.s. 1996/97

**Tabel 6.1** Analyseprogram for jordprøver.

### Organiske komponenter

Der udføres en screeningsanalyse ved gaschromatografi med flammeionisationsdetektion, GC-FID til undersøgelse for organiske forureningskomponenter i jordprøver.

Ved GC-FID screeningen medbestemmes såvel BTEX og olieprodukter (mineralsk terpentin, petroleum og mineralolie). Hvis GC-FID- screeningen viser tilstedeværelse af PAH-forbindelser i en jordprøve, suppleres der med en specifik analyse for PAH-forbindelser ligeledes ved GC-FID/GC-MS.

Ekstraherbare organiske stoffer ved GC-FID	
Anvendelsesområde	Ved GC-FID screeningen medbestemmes såvel BTEX, olieprodukter (terpentin, petroleum og mineralolie) og i nogen grad PAH-forbindelser
Kort om princip	Ekstraktion af jordprøven med pentan eller dichlormethan efterfulgt af screeningsanalyse ved gaschromatografi med flamme-ionisationsdetektion, GC-FID
Fordele	Screeningsmetode, der medbestemmer mange af de almindeligt forekommende forureningskomponenter Efterhånden rutineanalyse på de fleste laboratorier
Ulemper	Meget polære stoffer medbestemmes ikke PAH-forbindelser medbestemmes dårligt, hvis der anvendes pentanekstraktion, hvorfor der så bør kombineres med specifik analyse for PAH Højt indhold af kulbrinter i prøven kan betyde forhøjet detektionsgrænse for enkelt komponenter

Henvisninger	/26/
--------------	------

PAH-forbindelser ved GC-MS	
Anvendelsesområde	Medbestemmer PAH-forbindelser. Typisk medbestemmes 8 eller 16 karakteristiske enkeltkomponenter
Kort om princip	Ekstraktion af jordprøven med xylen efterfulgt af gaschromatografi kombineret med massespektrometri i selektiv ion mode (GC-MS-SIM)
Fordele	Specifik metode til bestemmelse af PAH
Ulemper	Tidskrævende Forholdsvis høj pris
Henvisninger	/26/

Hvor der har været affedtning/afrensning med chlorerede opløsningsmidler, kan man nær affedtningssted og afløbsledning vælge at udtage en jordprøve til analyse for disse komponenter ved GC-ECD (Electron Capture Detection). Der er dog tale om flygtige forbindelser, hvorfor den analyserede jordprøve bør suppleres med vandanalyser hvis muligt, eller poreluftanalyser.

GC-ECD	
Anvendelsesområde	Chloroform, tetrachlormethan, 1,1,1-trichlorethan, trichlor-ethylen og tetrachlorethylen
Kort om princip	Ekstraktion med pentan. Efterfølgende analyse af pentanekstraktet ved gaschromatografi med electron capture detector (GC-ECD).
Fordele	Specifik bestemmelse af ovennævnte chlorerede opløsningsmidler Lavere detektionsgrænse ved bestemmelse af chlorerede opløsningsmidler end ved GC-FID analyse.
Ulemper	Medbestemmer ikke nedbrydningsprodukterne dichlorethylener og vinylchlorid. Ønskes disse komponenter bestemt, ekstraheres med xylen med efterfølgende analyse ved GC-MS
Henvisninger	/26/

Generelt anbefales det at prioritere analyse på vand og poreluft, hvor dette er muligt. I tilfælde af, at dette ikke er muligt, bør jordanalyser inddrages.

## Metaller

På lokaliteter, hvor der har været afdrypning af køle-smøremidler, kan der være forurenet med metaller, forårsaget af metalforurenet køle-smøremiddel. Der findes flere metoder til analyse for disse metaller. Disse er kort beskrevet nedenfor:

Atomabsorbtionsspektrometri, AAS	
Anvendelsesområde	De fleste metaller kan bestemmes ved AAS. For at bestemme arsen skal der dog anvendes en specialteknik (hydridmetoden).
Kort om princip	Syreoplukning efterfulgt af måling af hvert enkelt metal ved atomabsorbtionsspektrometri med flamme
Fordele	Specifik metode Lav detektionsgrænse Meget lave detektionsgrænser kan opnås med AAS med graftovn
Ulemper	Arbejdskrævende Ikke multielementteknik (ikke screening) Høj pris
Henvisninger	/26/

Plasmaemissions spektroskopi, ICP	
Anvendelsesområde	Mange metaller kan bestemmes ved ICP, dog ikke arsen.
Kort om princip	Syreoplukning efterfulgt af screening for metaller i ekstraktet ved (induktivtkoblet) plasmaemissionsspektroskopi
Fordele	Multielementteknik (flere metaller bestemmes samtidig) Billigere end AAS Detektionsgrænseniveau omtrent som for traditionel AAS med flamme Ved kombination med massespektrometri fås meget lav detektionsgrænse
Ulemper	Arsen medbestemmes ikke Dyrere end EDXRF
Henvisninger	/26/

pH kan medtages, da pH har betydning for vurdering af metallernes mobilitet i jorden. Dette kan være relevant, hvor der har været oplag af brugte akkumulatorer (spild af akkumulatorvæske).

#### 6.2.2.3.2 Vandprøver

Det anbefales, at vandprøver fra metalforarbejdende virksomheder analyseres for stofferne i tabel 6.2.



Analyse-program	Følgende parametre medbestemmes	Analysemetode	Detektionsgrænse-niveau
Organiske stoffer	BTEX Naphthalen Mineralsk terpentin Cellulosefortynder Petroleum Mineralolie	Ekstraherbare, organiske stoffer ved GC-FID	0,2-1 µg/l for enkeltkomponenter
Chlorerede opløsningsmidler	Tetrachlormethan Trichlormethan Trichlorethylen Tetrachlorethylen 1,1,1-trichlorethan	Halogenerede, organiske stoffer ved GC-ECD	Ca. 0,04 µg/l
Vandblandbare opløsningsmidler	Ethanol 2-propanol	Direkte injektion, analyse ved GC-FID, evt. suppleret med GC-MS	
Andet	pH Ledningsevne	DS DS	- -

Note: De anførte detektionsgrænser er hentet fra gældende metodebeskrivelser og prislister fra et udvalg af danske analyselaboratorier i løbet af den periode, hvor branchebeskrivelsen er blevet til, d.v.s. 1996/97

### Figur 6.2 Analyseprogram for vandprøver

Ofte anses det ikke for relevant at analysere vandprøver for metaller, da disse i de fleste tilfælde er forholdsvis immobile. Lav pH kan imidlertid øge metallernes mobilitet i jorden. Vandprøverne kan derfor eventuelt analyseres for chrom og kobber.

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

Angående beskrivelse af de enkelte analysemetoder henvises til metodebeskrivelser for jordprøver. Nedenfor er dog givet en beskrivelse af analyse for vandblandbare opløsningsmidler:

GC-FID - Vandblandbare opløsningsmidler	
Anvendelsesområde	Ved metoden medbestemmes ethere, alkoholer, ketoner, glycoler, glycolethere
Kort om princip	Direkte injektion og analyse ved gaschromatografi med flammeionisationsdetektor (GC-FID)
Fordele	Screeningsmetode, der medbestemmer mange af de almindeligt forekommende vandblandbare forureningskomponenter
Ulemper	Mere usikker bestemmelse af enkeltkomponenter i forhold til specifik analyse med GC-MS
Henvisninger	/26/

Ofte anses det ikke for relevant at analysere vandprøver for metaller, da disse i de fleste tilfælde er forholdsvis immobile. Lav pH kan imidlertid øge metallernes mobilitet i jorden

### 6.2.2.3.3 Poreluftprøver

Ved anvendelse af poreluftmålinger på lokaliteter, hvor der er eller har været metalforarbejdende virksomhed, anbefales følgende analyseprogram:

Analyseprogram	Følgende parametre medbestemmes	Analysemetode	Detektionsgrænse-niveau
Organiske stoffer	BTEX	Ekstraherbare, organiske stoffer ved GC-FID	0,02-0,04 µg/l for enkeltkomponenter.
Chlorerede opløsningsmidler	Tetrachlormethan Trichlormethan Trichlorethylen Tetrachlorethylen 1,1,1-trichlorethan	Halogenerede, organiske stoffer ved GC-ECD	Ca. 0,008 - 0,00005 µg/l

Note: De anførte detektionsgrænser er hentet fra gældende metodebeskrivelser og prislister fra et udvalg af danske analyselaboratorier i løbet af den periode, hvor branchebeskrivelsen er blevet til, d.v.s. 1996/97

**Tabel 6.3** Analyseprogram for poreluftprøver

Poreluftmålinger kan udføres både ved direkte måling i felten og ved opsamling på f.eks. kulrør og efterfølgende måling i laboratoriet.

Det vil være en fordel at udføre poreluftmålinger nær nedgravede benzintanke og ved afløbsledning fra affedtnings-/renseprocesser.

Med hensyn til poreluftmålinger er det vigtigt at sikre sig, at lokaliteten er velegnet til udtagning af poreluftprøver. Metodens effektivitet er betinget af jordens permeabilitet, hvilket betyder, at f.eks. kompakt moræneler er uegnet til poreluftundersøgelse. Oppumpning af poreluft bør derfor overvåges af en vacuummåler for at sikre, at der holdes en passende luftstrøm fra den umættede zone. Med hensyn til udførelse henvises til Miljøstyrelsens generelle branchevejledning, /25/.

Anvendte analysemetoder er beskrevet i forbindelse med analyser for jordprøver.

## 7 LITTERATURLISTE

1. Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen nr. 9, 1995. Erfaringsopsamling på amternes registreringsundersøgelser. Miljøstyrelsen 1995.
2. Historisk beskrivelse af maskinbranchens mulige miljøbelastning - specielt med henblik på jord- og grundvandsforurening. Vestsjællands Amt 1992.
3. Den Tekniske Forenings Tidsskrift 1990/1991. Side 197-239. 24. årgang.
4. Per Karlsson. Baggrunden for fremvæksten af jernstøberier og maskinfabrikker i 1800 tallet. Upubliceret notat.
5. Industriel Produktionsstatistik 1960. Danmarks Statistik og Industristatistik 1970 og 1988, Danmarks Statistik.
6. Generel Erhvervsstatistik og Handel 1990:9. 19. september 1990. Danmarks Statistik.
7. Thomas Binder og Klaus T. Nielsen; "Maskinarbejderen i dag og i fremtiden". Inst. for Samfundsfag, DTH, RUC TEK/SAM, febr. 1987.
8. Industrialismens bygninger og boliger. Det industrielle miljø 1976/2.
9. Frivillig registrering af køle-smøremidler og toksikologisk vurdering af indholdsstofferne. Rapport nr. 17/1984. Arbejdstilsynet, Arbejds miljøinstituttet.
10. Henrik Berg et al. Omdannelser i køle-smøremidler under brug. Teknologisk Institut. Arbejds miljøinstituttet, Jysk Teknologisk Institut 1979.
11. Miljø-Projekt nr. 34. Overfladebehandling I, galvanisering, varmforzinkning, anodisering. Miljøstyrelsen maj 1981.
12. Miljø-Projekt nr. 124. Vedligeholdelse af køle-smøremidler. Miljøstyrelsen 1990.
13. Organiske opløsningsmidler. AMI-rapport nr. 26/1988. Arbejdstilsynet, Arbejds miljøinstituttet, november 1987.
14. Det kemiske arbejdsmiljø ved lodning, affedtning, blæsning, slyngrensning og højtryksrensning i jern- og metalindustrien. Frode Sørensen, H.J. Styhr Petersen, Inst. for Kemiindustri, Arbejds miljøfondet, 1985.
15. Rapport E. Forarbejdningsteknik, Jernets Fremtidsprojekt. Afdelingen for Mekanisk Teknologi. DTH 1978.
16. Værksted og arbejdsmiljø. Håndbog til basisåret jern og metal. Arbejds miljøfondet 1985.

17. Forurenede industrigrunde, udredningsrapport U2, januar 1988, lossepladsprojektet.
18. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 3, 1993. Brancheorientering for varmforzinkningsindustrien. Miljøstyrelsen 1993.
19. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 6, 1993. Brancheorientering for galvanoidindustrien. Miljøstyrelsen 1993.
20. Miljø-Projekt nr. 43. Overfladebehandling II, maling og lakering af stål og metal. Miljøstyrelsen juni 1982.
21. Sønderjyllands Amtskommune. Vesterlund Losseplads reg.nr. 523-3, Fase 1, forureningsundersøgelse, juni 1986.
22. A.Ranløv og E.K.Henriksen. Jern og stål, vol II s. 5-26. Alfred Jørgensens Forlag 1941.
23. Torgny Wallin. Håndbog om varmforzinkning. Stockholm 1989.
24. Miljø- og Energiministeriet. Bekendtgørelse af listen over farlige stoffer, bind 1, 2 og 3. 1996.
25. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 3, 1992. Generel branchevejledning for forurenede grunde. Miljøstyrelsen 1992
26. Miljøstyrelsen; Udkast til "Vejledning om prøvetagning og analyse af jord", Miljøstyrelsen, 14. februar 1997.
27. Miljøstyrelsen; "Miljøprojekt nr. 9, 1995. Erfaringsopsamling på amternes registreringsundersøgelser".
28. Rundspørge og opgørelse foretaget af CNS Miljørådgivning for Miljøstyrelsen i forbindelse med "Miljøstyrelsens erfaringsopsamling ved kortlægning af forurenede grunde". Brev fra CNS Miljørådgivning til Fyns Amt dateret 23. maj 1997.

## **Bilag 1**

Datablade for udvalgte kemiske stoffer

UDVALGTE STOFFER	PRODUKTGRUPPER
Benzen	Affedtningsmidler, olieprodukter m.m.
Toluen	Affedtningsmidler, olieprodukter m.m.
Ethylbenzen	Affedtningsmidler, olieprodukter m.m.
Xylener	Affedtningsmidler, olieprodukter m.m.
Benz(a)pyren	Skæreolier, olieprodukter m.m.
Methylisobutylketon	Affedtningsmidler (cellulosefortynder)
Pentachlorphenol	Biocider i skæreolier
Formaldehyd	Biocider i skæreolier
Tetrachlormethan	Affedtningsmidler
Trichlormethan	Affedtningsmidler
Trichlorethylen	Affedtningsmidler
1,1,2,2-Tetrachlorethylen	Affedtningsmidler
1,1,1-Trichlorethan	Affedtningsmidler
2-Propanol	Affedtningsmidler
Chrom	Optagelse i køle/smøremidler, galvanisering
Kobber	Optagelse i køle/smøremidler, galvanisering
Nikkel	Optagelse i køle/smøremidler, galvanisering
Zink	Optagelse i køle/smøremidler, galvanisering, varmforzinkning

Fareklasser i henhold til "listen over farlige stoffer":

E:	Eksplodiv
O:	Brandnærende
Fx:	Yderst brandfarlig
F:	Meget brandfarlig
Tx:	Meget giftig
T:	Giftig
Xn:	Sundhedsskadelig
C:	Ætsende
Xi:	Lokalirriterende
Carc1,2 ell.3:	Kræftfremkaldende
Mut1, 2 ell.3:	Mutagen
Rep1, 2 ell.3:	Reproduktionstoksisk

Navn	<b>Benzen</b>	Enhed	Reference r
Synonymer	Benzol	-	/1/
CAS nr.	71-43-2	-	/2/
Kemisk formel	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	-	/1/
Tilstandsform	farveløs væske		/1/
Molvægt	78,11	g/mol	/1/
Densitet	0,8786	g/ml	/1/
Kogepunkt	80,1	°C	/1/
Vandopløselighed	1780 (ved 20 °C)	mg/l	/1/
Damptryk	76 (ved 20 °C) 60 (ved 15 °C)	mmHg	/1/
Oktanolvand fordelingsforhold (log)	2,13	-	/1/
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Fareklasse: Carc1, F, T	-	/2/
Forekommer i:			
Jord	(*)		
Grundvand	*		
Poreluft	*		

Navn	<b>Toluen</b>	Enhed	Reference r
Synonymer	Toluol, methylbenzen, phenylmethan	-	/1/
CAS nr.	108-88-3	-	/2/
Kemisk formel	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	-	/1/
Tilstandsform	farveløs væske	-	/1/
Molvægt	92,1	g/mol	/1/
Densitet	0,867	g/ml	/1/
Kogepunkt	110,8	°C	/1/
Vandopløselighed	470 (ved 20 °C)	mg/l	/1/
Damptryk	10 (ved 6,4 °C) 22 (ved 20 °C) 40 (ved 31,8 °C)	mmHg	/1/
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log)	2,69	-	/1/
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Fareklasse: F, Xn konc. ≥ 12,5%: Xn	-	/2/
Forekommer i:			
Jord	*		
Grundvand	*		
Poreluft	*		



Navn	<b>Ethylbenzen</b>	Enhed	Reference r
Synonymer	Phenylethan	-	/1/
CAS nr.	100-41-4	-	/2/
Kemisk formel	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	-	/1/
Tilstandsform	farveløs væske	-	/1/
Molvægt	106,17	g/mol	/1/
Densitet	0,867	g/ml	/1/
Kogepunkt	136,2	°C	/1/
Vandopløselighed	140 (ved 15 °C) 152 (ved 20 °C)	mg/l	/1/
Damptryk	7 (ved 20 °C) 12 (ved 30 °C)	mmHg	/1/
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log)	3,15	-	/1/
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Fareklasse: F, Xn konc. ≤ 25%: Xn	-	/2/
Forekommer i:			
Jord	*		
Grundvand	*		
Poreluft	*		

Navn	<b>Ortho-xylen</b>	Enhed	Reference r
Synonymer	o-xylen, 1,2-dimethylbenzen, o-dimethylbenzen, 1,2-xylen, o-xylol	-	/1/
CAS nr.	95-47-6	-	/2/
Kemisk formel	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	-	/1/
Tilstandsform	farveløs væske	-	/1/
Molvægt	106,17	g/mol	/1/
Densitet	0,88	g/ml	/1/
Kogepunkt	144,4	°C	/1/
Vandopløselighed	175 (ved 20 °C)	mg/l	/1/
Damptryk	5 (ved 20 °C) 9 (ved 30 °C)	mmHg	/1/
Oktanolvand fordelingsforhold (log)	2,77	-	/1/
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Fareklasse: Xn, Xi	-	/2/
Forekommer i:			
Jord	*		
Grundvand	*		
Poreluft	*		

Navn	<b>Meta-xylen</b>	Enhed	Reference r
Synonymer	m-xylen, 1,3-dimethylbenzen, m-dimethylbenzen, 1,3-xylen, m-xylol	-	/1/
CAS nr.	108-38-3	-	/2/
Kemisk formel	$C_6H_4(CH_3)_2$	-	/1/
Tilstandsform	farveløs væske	-	/1/
Molvægt	106,16	g/mol	/1/
Densitet	0,864	g/ml	/1/
Kogepunkt	139	°C	/1/
Vandopløselighed	135 (ved 20 °C)	mg/l	/3/
Damptryk	6 (ved 20 °C) 11 (ved 30 °C)	mmHg	/1/
Oktanolvand fordelingsforhold (log)	3,20	-	/1/
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Fareklasse: Xn, Xi	-	/2/
Forekommer i:			
Jord	*		
Grundvand	*		
Poreluft	*		

Navn	<b>Para-xylen</b>	Enhed	Reference r
Synonymer	p-xylen, 1,4-dimethylbenzen, p-dimethylbenzen, 1,4-xylen, p-xylo	-	/1/
CAS nr.	106-42-3	-	/2/
Kemisk formel	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	-	/1/
Tilstandsform	farveløs væske	-	/1/
Molvægt	106,17	g/mol	/1/
Densitet	0,86	g/ml	/1/
Kogepunkt	138,4	°C	/1/
Vandopløselighed	198 (ved 25 °C)	mg/l	/1/
Damptryk	6,5 (ved 20 °C) 12 (ved 30 °C)	mmHg	/1/
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log)	3,15	-	/1/
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Fareklasse: Xn, Xi	-	/2/
Forekommer i:			
Jord	*		
Grundvand	*		
Poreluft	*		

Navn	<b>Benz(a)pyren</b>	Enhed	Reference r
Synonymer	Benzo(a)pyren, 3,4-benzopyren, B(a)P	-	/1/
CAS nr.	50-32-8	-	/2/
Kemisk formel	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	-	/1/
Tilstandsform	gul krystallinsk masse	-	/1/
Molvægt	252,3	g/mol	/1/
Densitet	-	g/ml	/1/
Smeltepunkt	179	°C	/1/
Vandopløselighed	0,003	mg/l	/1/
Damptryk	-	mmHg	/1/
Oktanolvand fordelingsforhold (log)	6,5	-	/5/
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Fareklasse: T, Carc2, Mut2, Rep2	-	/2/
Forekommer i:			
Jord	*		
Grundvand			
Poreluft			

Navn	<b>Methylisobutylketon</b>	Enhed	Reference r
Synonymer	Hexon, 4-methyl-2-pentanon, MIBK	-	/1/
CAS nr.	108-10-1	-	/2/
Kemisk formel	$(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{COCH}_3$	-	/2/
Tilstandsform	væske	-	/1/
Molvægt	100,2	g/mol	/1/
Densitet	0,8017	g/ml	/1/
Kogepunkt	116/119	°C	/1/
Vandopløselighed	17.000 (ved 20°C)	mg/l	/1/
Damptryk	6	mmHg	/1/
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log)	-	-	-
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	F	-	/2/
Forekommer i:			
Jord			
Grundvand	*		
Poreluft			

Navn	<b>Pentachlorphenol</b>	Enhed	Reference r
Synonymer	PCP	-	/1/
CAS nr.	87-86-5	-	/1/
Kemisk formel	C <sub>6</sub> Cl <sub>5</sub> OH	-	
Tilstandsform	Fast stof	-	/1/
Molvægt	266,53	g/mol	/1/
Densitet	1,978	g/ml	/1/
Kogepunkt	310	°C	/1/
Vandopløselighed	5 (0°C), 14 (20°C)	mg/l	/1/
Damptryk	0,00011 (20°C)	mmHg	/1/
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log)	5,01	-	/1/
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	T, Tx, Xi, Carc3, N	-	/2/
Forekommer i:			
Jord	*		
Grundvand			
Poreluft			

Navn	<b>Formaldehyd</b>	Enhed	Reference r
Synonymer	Formalin, methanal	-	
CAS nr.	50-00-0	-	/1/
Kemisk formel	HCHO	-	/1/
Tilstandsform	Gas	-	/1/
Molvægt	30	g/mol	/1/
Densitet	0,815	g/ml	/1/
Kogepunkt	-19/-21	°C	/1/
Vandopløselighed	Blandbar med vand (formalin = 37% opl. i vand)	mg/l	/6/
Damptryk	221 kPa (0 °C) = 1.660 519 kPa (25°C) = 3.890	mmHg	/6/
Oktanol-vand fordelingsforhold (log)	0,00/beregnet 0,35	-	/1.6/
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Koncentration > 25%: T Koncentration 5-25%: X <sub>n</sub> Carc 3	-	/2/
Forekommer i:			
Jord			
Grundvand	*		
Poreluft	*		



Navn	<b>Tetrachlormethan</b>	Enhed	Reference r
Synonymer	Carbontetrachlorid	-	/1/
CAS nr.	56-23-5	-	/2/
Kemisk formel	CCl <sub>4</sub>	-	/1/
Tilstandsform	Farveløs væske	-	/1/
Molvægt	153,82	g/mol	/1/
Densitet	1,597	g/ml	/3/
Smeltepunkt	-23	°C	/1/
Kogepunkt	76,7	°C	/1/
Vandopløselighed	800 (20°C)	mg/l	/1/
Damptryk	90 (20°C)	mm Hg	/1/
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log)	2,64	-	/1/
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	T Carc3; N	-	/2/
Forekommer i:			
Jord	*		
Grundvand	*		
Poreluft	*		

Navn	<b>Trichlormethan</b>	Enhed	Reference r
Synonymer	Chloroform	-	/1/
CAS nr.	67-66-3	-	/2/
Kemisk formel	CHCl <sub>3</sub>	-	/1/
Tilstandsform	Farveløs væske	-	/1/
Molvægt	119,38	g/mol	/1/
Densitet	1,489	g/ml	/1/
Smeltepunkt	-64	°C	/1/
Kogepunkt	62	°C	/1/
Vandopløselighed	8.000 (ved 20°C)	mg/l	/1/
Damptryk	160	mm Hg	/1/
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log)	1,97	-	/1/
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Xn Xi; Carc3	-	/2/
Forekommer i:			
Jord	(*)		
Grundvand	*		
Poreluft	*		

Navn	<b>Trichlorethylen</b>	Enhed	Reference r
Synonymer	Ethylentrichlorid	-	/1/
CAS nr.	79-01-6	-	/2/
Kemisk formel	$\text{CCl}_2=\text{CHCl}$	-	/1/
Tilstandsform	Farveløs væske	-	/1/
Molvægt	131,5	g/mol	/1/
Densitet	1,4556 (25°)	g/ml	/3/
Smeltepunkt	-87	°C	/1/
Kogepunkt	86,7	°C	/1/
Vandopløselighed	1.100 (ved 25°C)	mg/l	/1/
Damptryk	60	mm Hg	/1/
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log)	-	-	-
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Carc3 Xn (konc.>1%)	-	/2/
Forekommer i:			
Jord			
Grundvand	*		
Poreluft	*		

Navn	<b>Tetrachlorethylen</b>	Enhed	Reference r
Synonymer	Perchlorethylen, PER Ethylentetrachlorid	-	/1/
CAS nr.	127-18-4	-	/2/
Kemisk formel	CCl <sub>2</sub> CCl <sub>2</sub>	-	/1/
Tilstandsform	Farveløs væske	-	/1/
Molvægt	165,83	g/mol	/1/
Densitet	1,6311	g/ml	/4/
Smeltepunkt	-22,7	°C	/1/
Kogepunkt	121,4	°C	/1/
Vandopløselighed	1,626 (ved 20°C)	mg/l	/1/
Damptryk	14	mm Hg	/1/
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log)	2,60	-	/1/
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Carc3 Xn (konc.>1%)	-	/2/
Forekommer i:			
Jord	*		
Grundvand	*		
Poreluft	*		

Navn	<b>1,1,1-Trichlorethan</b>	Enhed	Reference r
Synonymer	Methylchloroform	-	/1/
CAS nr.	71-55-6	-	/2/
Kemisk formel	CH <sub>3</sub> CCl <sub>3</sub>	-	/1/
Tilstandsform	Farveløs væske	-	/1/
Molvægt	133,41	g/mol	/1/
Densitet	1,3376	g/ml	/3/
Smeltepunkt	-32	°C	/1/
Kogepunkt	74,1	°C	/4/
Vandopløselighed	4.400 (ved 20°C)	mg/l	/1/
Damptryk	100 (20C)	mm Hg	/1/
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log)		-	
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Xn; N	-	/2/
Forekommer i:			
Jord			
Grundvand	*		
Poreluft	*		

Navn	<b>2-Propanol</b>	Enhed	Reference r
Synonymer	Isopropanol Isopropylalkohol Secpropylalkohol Demethylcarbinol	-	/1/
CAS nr.	67-63-0	-	/2/
Kemisk formel	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHOH	.	/1/
Tilstandsform	væske	-	/1/
Molvægt	60,10	g/mol	/1/
Densitet	0,785	g/ml	/1/
Kogepunkt	82,4	°C	/1/
Vandopløselighed	vandblancbar	mg/l	/1/
Damptryk	32 (ved 20°C)	mmHg	/1/
Oktanol-vand fordelingsforhold (log)	-0,16/0,28 (beregnet)	-	/1/
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	F	-	/2/
Forekommer I:			
Jord			
Grundvand	*		
Poreluft	*		

Navn	<b>Chrom</b>
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 og +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, $\text{Cr}^{3+}$ , mens Cr(+VI) i det terrestiske miljø findes som anionen chromat, $\text{CrO}_4^{2-}$ eller $\text{HCrO}_4^-$ .
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.
Komplexering	Cr(+III) danner villigt komplekser, men kun hydroxykomplekser har praktisk betydning i miljøet. Cr(+VI) danner ikke komplekser, da det optræder som anion.
Mobilitet/ Forekommer i jord vand luft	* * (oxiderede forhold)
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Chrom(+VI)forbindelser som f.eks. chromtrioxid er klassificeret som "kræftfremkaldende".

Reference: /5/

Navn	<b>Kobber</b>
Kemisk betegnelse	Cu
Atomnummer	29
Generelt	Kobber er et af de vigtigste essentielle 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 $\text{Cu}^{2+}$ i miljømæssig sammenhæng, da Cu(I) er meget ustabil i vand og derfor kun vil være relevant som uopløseligt $\text{Cu}_2\text{S}$ 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 størrelsesordenen 1.000 l/kg).
Komplexering	Komplekdannelse har stor betydning for kobbers opførsel i det terrestiske miljø. Kobber danner komplekser med såvel organiske som uorganiske ligander. Specielt danne kobber komplekser med organisk stof (fulvuskomplekser), men også hydroxy og carbonatkomplekser har betydning.
Mobilitet/ Forekommer i jord vand luft	* Trods sin villighed til komplekdannelse angives kobber typisk som et af de mindst mobile metaller i det terrestiske miljø
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Kobbersulfat, kobber(I)chlorid, kobber(I)oxid samt kobbernaphthenat er klassificeret som "sundhedsskadelige".

Reference: /5/



Navn	<b>Nikkel</b>
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 terrestiske miljø.
Redoxforhold	Redoxprocesser har ingen betydning for nikkels opførsel i jord og grundvand.
Udfældning/ opløselighed	Opløseligheden af nikkel i terrestiske 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.
Komplexering	Komplexdannelse 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 organisk stof vil kunne øge nikkels mobilitet.
Mobilitet/ Forekommer i jord vand  luft	*  (Under forhold, hvor jorden tilføres væsker med højt indhold af organiske ligander, bør nikkels øgede opløselighed som følge af komplexdannelse vurderes)
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".

Reference: /5/

Navn	<b>Zink</b>
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 end cadmium.
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 terrestiske 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.
Komplexering	Zink danner komplekser med tetraederisk struktur. Som ligander kan både uorganiske (chlorid, carbonat) og organiske stoffer fungere. Zinkkomplekser med organisk stof er mindre stabile end de tilsvarende komplekser af kobber, nikkel og bly.
Mobilitet/ Forekommer i jord vand  luft	* (Under forhold, hvor jorden tilføres væsker med højt indhold af organiske ligander, bør zinks øgede opløselighed som følge af komplekdannelse vurderes)
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. anionen. Zinkchlorid er klassificeret som "ætsende" (faresymbol C) og zinkstøv/zinkpulver er klassificeret som "brandfarligt" (faresymbol F). Visse organiske zinkforbindelser er klassificeret som "sundhedsskadelige". Øvrige zinkforbindelser er ikke nævnt.

Reference: /5/

### **Litteraturliste bilag 1**

- /1/ Karel Verschuren. Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals. 1983.
- /2/ Miljø- og Energiministeriet. Bekendtgørelse af listen over farlige stoffer, bind 1, 2 og 3. 1996.
- /3/ The Merck Index. 1989.
- /4/ N.R.Sax and R.J.Lewis Sr. Dangerous Properties of Industrial Materials. Seventh Edition. 1988.
- /5/ Kemiske stoffers opførsel i jord og grundvand: Bind 2. Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen, nr. 20, 1996
- /6/ David R. Lide. Handbook of Chemistry and Physics. 1990-91.

## **Bilag 2**

Detailbeskrivelse af anvendte produkter

Hovedkomponent	Rene mineralolier	Opløsnings- middel-bas- erede væs- ker	Emulsjoner af mineral- olier	Halvsynte- tiske væs- ker	Syntetiske væsker	Rene vege- tabilske og/eller animalske olier	Emulsjoner af vegetabilsk og/eller ani- malske olier
Mineralolie	x	(x)	x	x			
Vegetabilsk og/eller animalske olier	(x)		(x)			x	x
Opløsningsmidler	x	x	(x)	x	x		x
Vand							
<u>Additiver</u>							
Smøremidler	x	x	x	x	(x)		
EP-additiver	x	x	(x)	(x)			
Tensider			x	x	x		x
Antioxidanter	x		x	x		(x)	(x)
Korrosions- inhibitorer	(x)		x	x	x		x
Blødder			x	x	x		x
Alkaller				x	x		
Viskositets- regulerende stoffer	x						
Skumdæmp- ende 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

Figur 2.1

Skema over hovedkomponenter og additiver i forskellige køle-  
smøremidler. Efter /9/.

	Manuel	Neddypning	Vandbaseret	Ludkogning	Dampaf-fedtning	Højtryksrensning	Indgår i affedtnings-	Elektrolytisk affedtning
Butylglycol	•	•						
Dichlormethan	•	•			•			
Ekstraktionsbenzin	•	•						
Hexan	•	•						
Luftfri petroleum	•	•				•		
Min. terpentin	•	•				•		
N-paraffin							•	
Tetrachlor-ethylen	•	•			•			
Toluen	•	•					•	
1.1.1-trichlorethan	•	•			•			
Trichlorethylen	•	•			•			
Xylen	•	•					•	
Freon 113	•	•			•			
Natriumcyanid								•
Natriumhydroxid			•	•				
Natriumcarbonat			•					
Natriumacetat			•					
Natriumpyrophosphat			•					
Natriumtripolyphosphat			•					
Nitriilotrieddikesyre			•					
Ethylendiamintetraeddikesyre			•					
Natriumbenzoat			•					
Triethanolamin			•					
Nonylphenylpolyglycol-ether			•				•	
Natriumlaurylsulfat			•				•	

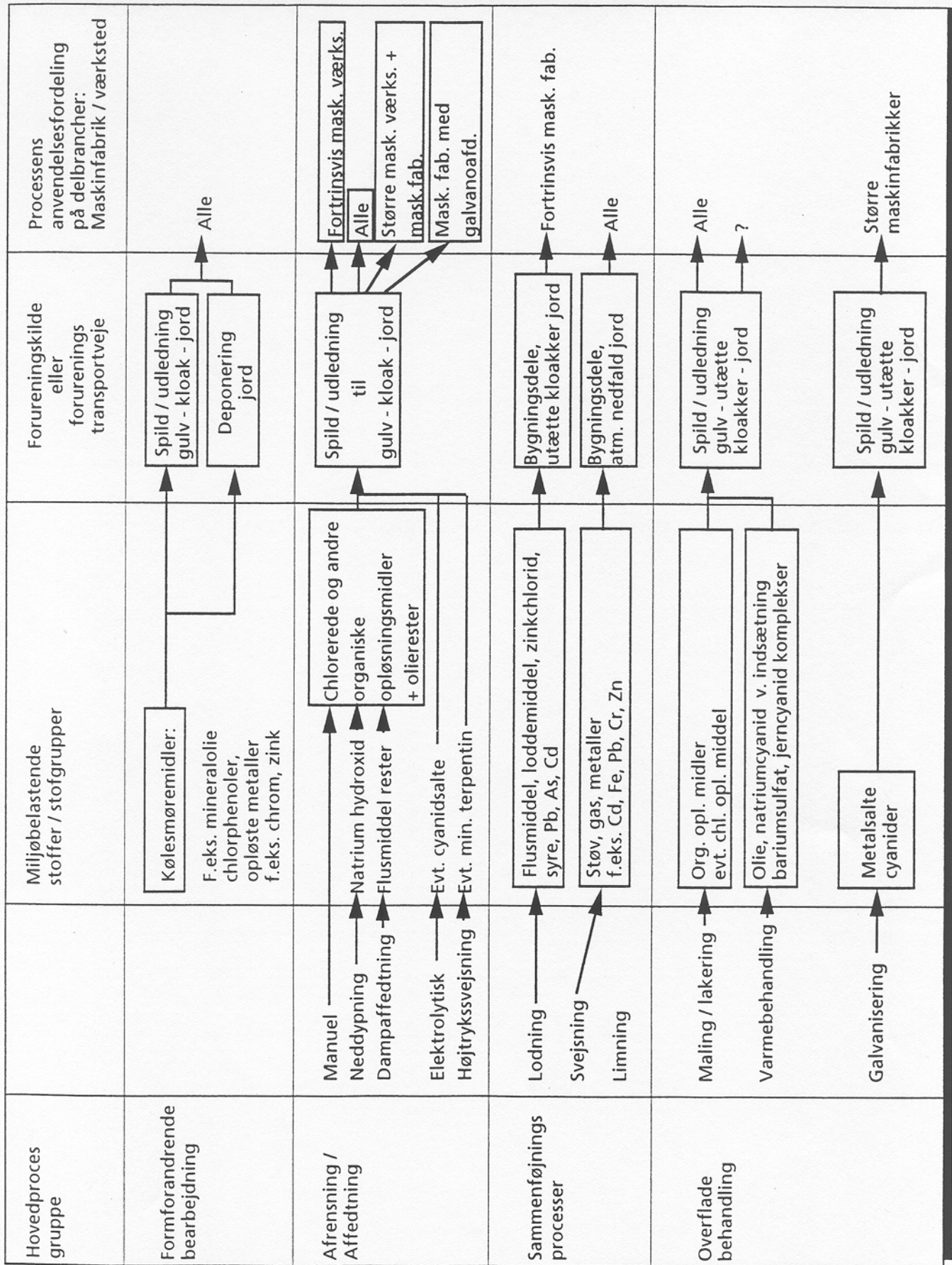
Figur 2.2

Oversigt over stoffer, der indgår i affedtningsmidler fordelt på affedtningsprocesser.

	Blødlodning	Anvendelse	Hårdlodning	Anvendelse
Flushmiddel	Zinkchlorid Natriumchlorid Kaliumchlorid Tinchlorid Phosphorsyre Organiske syrer og salte deraf Harpiks Isopropanol	Stål Messing  Rustfrit stål Kobber elektrisk  Elektronik	Natrium-kalium- lithiumchlorider og - fluorider  Alkalifluorborater Borsyre Alkaliborater Borater + Borax	Aluminium-, magnesium- legeringer  Alle metaller Letmetallegeri nger
Loddemiddel	Tin Bly Antimon Kobber Sølv Cadmium Indium Bismuth Aluminium Zink Cadmium	         Aluminium- lodning	Sølv Cadmium Zink Kobber Aluminium Silicium Magnesium Phosphor Sølv Kobber Tin Sølv Zink Kobber Mangan Nikkel	I sølvslaglod  I aluminium lod  I phosphorkobb erlod  I cadmiumfrit sølvslaglod
Flusmiddel- fjerner	Chlorerede opløsnings- midler Freon 113 + methanol		Saltsyre Svovlsyre Phosphorsyre Natriumhydroxid	

**Figur 2.3** Indholdsstoffer ved blød- og hårdlodning.





Figur 2.4

Oversigtsskema over processer og miljøbelastning ved formforandrende bearbejdning, afrensning/affedtning, sammenføjningsprocesser og overfladebehandling.