

# **Branchebeskrivelse for jern- og metalstøberier**

**Teknik og Administration**  
**Nr. 6 1997**

## INDHOLDSFORTEGNELSE

## SIDE

1. indledning.....	2
2. Sammenfatning .....	4
3. Generel beskrivelse af branchen .....	7
3.1 Branchedefinition og afgrænsning .....	7
3.2 Branchens strukturelle udvikling .....	8
3.2.1 Historisk udvikling.....	8
3.2.2 Antal virksomheder.....	9
4. processer, teknologi og miljøbelastning.....	10
4.1 Procesbeskrivelse .....	10
4.2 Produktionsindretning.....	11
4.3 Arbejdsmetoder og miljøbelastning .....	12
4.3.1 Fremstilling af modeller.....	12
4.3.2 Formfremstilling .....	12
4.3.3 Kernefremstilling .....	15
4.3.4 Sværtning af forme og kerner .....	16
4.3.5 Smeltning af metal .....	17
4.3.6 Støbning .....	20
4.3.7 Udslagning og afrensning .....	21
4.3.8 Efterbehandling m.m.....	22
5. potentielle forurenende komponenter .....	24
5.1 Oversigt over potentielle forurenende komponenter.....	24
5.2 Stofbeskrivelse - kemiske data.....	25
6. undersøgelser .....	27
6.1 Historik .....	27
6.1.1 Historisk kortlægning.....	27
6.1.1.1 Oplysning om lokalisering af tidligere forurenende virksomheder	27
6.1.1.2 Oplysninger om branchen .....	28
6.1.1.3 Oplysninger om lokaliteten .....	28
6.1.2 Status for branchens miljøbelastning .....	30
6.2 Teknisk undersøgelse .....	31
6.2.1 Prøvetagning .....	31
6.2.1.1 Boringer .....	31
6.2.1.2 Gravninger .....	31
6.2.2 Analyser .....	31
6.2.2.1 Indledende prøvebeskrivelse.....	31
6.2.2.2 Feltanalyser .....	32
6.2.2.3 Kemiske analyser .....	33
7. litteraturliste .....	41

## 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>

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.

Branchen er medtaget i erfaringsopsamlingsprojektet fordi erfaringen viser, at der er stor forskel på forureningsrisikoen fra forskellige typer støberier jern- eller metalstøberier. Samtidig er der tit foregået mange forskellige delaktiviteter, primært forskellige former for overfladebehandling .

Der er derfor stort behov for at få kendskab til branchen samt at få målrettet registreringsundersøgelser på ejendomme, hvor der har været/er støberivirksomhed, 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./27/

Af disse 4.500 gennemførte registreringsundersøgelser er 59 (opgjort i oktober 1996) udført på ejendomme, hvor der har været/er et støberi.

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 støberier. Derfor har Amternes Depotenhed valgt at få udarbejdet en branchebeskrivelse for denne branche i forbindelse med erfaringsopsamlingsprojektet.

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.

---

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

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/rne på jern- og metalstøberier 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 analysemetodik.

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

Branchen for jern- og metalstøberier afgrænses som virksomheder, der producerer støbegods i støbejern eller andre metaller.

#### Jern- og stålstøberier

Virksomheder der fremstiller støbte emner i jern og stål. Produktionen foregår næsten udelukkende ved støbning i sandforme.

#### Metalstøberier

Virksomheder der fremstiller støbte emner i andre metaller end jern. Metalstøberierne kan underopdeles i støberier, der anvender sandforme, og støberier der anvender andre typer forme. Det kan være kokillestøbning (støbning i metalform), støbning i gipsform m.m.

Det er vigtigt at være opmærksom på, at de enkelte virksomheder ofte støber med flere forskellige metaller og kan anvende forskellige typer forme, hvorfor der ikke er grundlag for en underopdeling af metalstøberier efter bestemte metaller.

På Miljøstyrelsens liste over virksomheder, der er omfattet af miljøbeskyttelseslovens kapitel 5, er jern- og metalstøberier omfattet af gruppe A.2 - jern-, stål- og metalstøberier, metalraffinaderier og metalsmelterier.

### Branchens strukturelle udvikling

De første jernstøberier til industriel produktion blev anlagt for et par hundrede år siden i Københavnsområdet. I løbet af det nittende århundrede, i takt med den stigende industrialisering og landbrugets mekanisering, blev der anlagt mange støberier rundt om i landet. De mange støberier blev ofte anlagt sammen med maskinfabrikker, der i provinsen dækkede behovet for landbrugsmaskiner og i København i højere grad producerede maskiner til industrien.

I 1970 var der 40 metalstøberier, mens der i 1988 var 22 metalstøberier. Antallet af ansatte forblev i samme periode på ca. 1.100.

### Processer, teknologi og miljøbelastning

Produktionen i et støberi foregår i princippet ved, at flydende metal hældes i en form, der er formgivet som et aftryk af det emne, der ønskes fremstillet. Støbning kan i princippet opdeles i følgende processer:

- Fremstilling af modeller
- Formfremstilling
- Kernefremstilling
- Sværtning

- Smeltning af metal
- Støbning
- Udslagning
- Efterbehandling

Støbning i sandform er den mest udbredte støbemetode, der samtidig har den største affaldsproduktion, der dermed udgør en risiko for jord- og grundvandsforurening.

Inden støbningen svæertes forme og kerner for at give emnet en bedre overflade, og for at det bedre kan slippe formen efter støbning. Som sværte anvendes olie eller kulstøv, der er opløst i vand eller opløsningsmiddel.

Metaller smeltes i en ovn, der enten opvarmes ved el eller kul og koks. Der anvendes enten rent metal eller skrot. Det smeltede metal hældes i formen.

Ofte sker der en efterbehandling i form af en konservering med olie og tjære eller en viderebehandling, eksempelvis en emaljering af emnerne.

### Potentielle forureningskilder

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

<i>Kilder som <b>altid medtages</b> i en undersøgelse</i>
• Benzin/olieudskillere samt sandfang
• Nedgravede olietanke med tilhørende rørføringer, påfyldning og udluftning
• Udendørs deponering af affald fra støbning
• Udendørs deponering af slagge og slam
<i>Kilder som <b>anbefales medtaget</b> i en undersøgelse</i>
• Utætte kloakker
• Afdrypning af sværte efter påføring
• Oplagring af hærde- og bindemidler
• Sted for eventuel affedtning af emner
<i>Kilder som <b>i specielle tilfælde kan medtages</b> i en undersøgelse</i>
• Eventuelt spild på udendørs arealer

På støberier anbefales at undersøge for såvel jord- som grundvandsforurening

Ved støbeprocessen bliver der ud over støbegods også produceret store mængder af affald, som kan give anledning til en jord- og grundvandsforurening.

Det drejer sig primært om:

- *Støv og gasser*: Støv og gasser fra smelteprocessen indeholder tungmetaller, typisk bly, chrom, nikkel og cadmium. Gasserne fra støbning i kemisk bundet formsand og kerner indeholder stoffer fra bindemidlerne herunder phenoler og formaldehyd.
- *Slagger*: For jernstøberier produceres der mellem 5 og 20% slagge i forhold til den støbte mængde gods. Denne slagge kan indeholde forskellige tungmetaller og kan derfor udgøre et miljøproblem. Slaggerne kan være deponeret på støberiområdet.
- *Sand*: Kemisk bundet sand kan indeholde forskellige metaller samt phenol og andre rester fra bindemidler. Lerbundet sand kan indeholde forskellige metaller samt rester af bindemidler fra evt. kerner.

Endvidere er der mulighed for spild ved oplag og håndtering af olie og kemikalier.

### **Undersøgelsesteknik**

I forbindelse med en registreringsundersøgelse på et støberi foreslås følgende undersøgelsesstrategi:

- Historisk redegørelse
- Prøvetagning af jord og vand og evt. poreluft
- Feltnåling af jordprøver for olie med "test-kit"
- EDXRF-screening af jordprøver for metallerne Pb, Cu, Cr, Ni og Cd
- *Jordprøver* analyseres for olieprodukter ved GC-FID, metaller ved ICP eller AAS samt specifikke hærde ved GC-MS
- *Vandprøver* analyseres for olieprodukter ved GC-FID, phenoler og chlorerede opløsningsmidler ved GC-ECD/GC-MS og specifikke organiske komponenter (f.eks. hærde) ved GC-MS
- Poreluftprøver analyseres for BTEX ved GC-FID og for chlorerede opløsningsmidler ved GC-ECD

### 3. Generel beskrivelse af branchen

#### 3.1 Branchedefinition og afgrænsning

Branchen for jern- og metalstøberier afgrænses som virksomheder, der producerer støbegods i støbejern eller andre metaller. Denne produktion kan enten foregå som kundeproduktion eller som et led i et produktionsvertikale.

Branchen, der består af jern- og metalstøberier, kan opdeles i et antal underområder afhængig af produktionsform og materialer. Opdelingen af branchen kan selvfølgelig ske mere eller mindre detaljeret, i dette tilfælde har det været formålstjenligt at opdele jern- og metalstøberier i følgende undergrupper:

#### Jern- og stålstøberier

Virksomheder der fremstiller støbte emner i jern og stål. Produktionen foregår næsten udelukkende ved støbning i sandforme.

#### Metalstøberier

Virksomheder der fremstiller støbte emner i andre metaller end jern. Metalstøberierne kan underopdeles i støberier, der anvender sandforme, og støberier der anvender andre typer forme. Det kan være kokillestøbning (støbning i metalform), støbning i gipsform m.m.

Det er vigtigt at være opmærksom på, at de enkelte virksomheder ofte støber med flere forskellige metaller og kan anvende forskellige typer forme, hvorfor der ikke er grundlag for en underopdeling af metalstøberier efter bestemte metaller.

#### Miljøbeskyttelsesloven

På Miljøstyrelsens liste over virksomheder der er omfattet af miljøbeskyttelseslovens kapitel 5, er jern- og metalstøberier omfattet af gruppe A.2 - jernstøberier, stålstøberier, metalstøberier, metalraffinaderier og metalsmelterier. Denne brancheafgrænsning sigter ret præcist på støberibranchen, idet den ud over støberier kun omfatter metalraffinaderier og -smelterier. På baggrund af metalraffinaderier og -smelteriers meget specielle funktion i forhold til støberier må det antages, at disse kun udgør en mindre del i forhold til støberierne.

#### Danmarks Statistik

I industristatistikken, der udgives af Danmarks Statistik, er jernstøberier indtil 1960'erne rubriceret under maskinfabrikker og jernstøberier, gruppe 36, mens metalstøberier er rubriceret under metalvarefabrikker og metalstøberier, gruppe 352. Denne afgrænsning er meget bred, hvorved den statistiske værdi bliver meget begrænset. Senere blev jern- og metalstøberier rubriceret hver for sig under henholdsvis kode 37.102 og 37.202.



## Erhvervsregistre

Støberibranchen er opført under kode 27.5 støbning af metalprodukter i Greens erhvervsregister. Koden er Nace, Dansk branchekode.

Støberibranchen er opført under kode 34-110 Jern- og stålstøbegods, 34-220 og 34-230 Metalstøberier og i Kompas erhvervsregister.

## Brancheorganisation

Branchen er organiseret i DSB (Danske Støberiers Brancheforening), der er organiseret under Jernets Arbejdsgiverforening.

### 3.2 Branchens strukturelle udvikling

Følgende gennemgang af branchestrukturerne vil for den historiske del koncentrere sig om jernstøberier, fordi det er disse støberier, der har eksisteret i længst tid og haft det største produktionsflow.

#### 3.2.1 Historisk udvikling

De første jernstøberier til industriel produktion blev anlagt for et par hundrede år siden i Københavnsområdet. I løbet af det nittende århundrede, i takt med den stigende industrialisering og landbrugets mekanisering, blev der anlagt mange støberier rundt om i landet. De mange støberier blev ofte anlagt sammen med maskinfabrikker, der i provinsen dækkede behovet for landbrugsmaskiner og i København i højere grad producerede maskiner til industrien.

Flere støberier bliver adskilt fra maskinfabrikation og fremstår som rene kundestøberier.

Antallet af virksomheder, der producerer støbegods til egen produktion, falder. Ifølge /4/, der omfatter en undersøgelse af 26 støberier, er der 3 støberier, der udelukkende støber til egen produktion, 11 der både fungerer som kundestøberier og til egen produktion, og 12 der udelukkende fungerer som kundestøberier.

I 1969 havde hovedparten af jernstøberierne mellem 10 og 100 ansatte, /4/.

Mængden af produceret gods steg jævnt til midten af 1960'erne, hvor det toppede med ca. 150.000 tons gods. Derefter faldt den producerede mængde jævnt, dog var der i 1980'erne en registreret stigning i den producerede mængde. Denne stigning bygger kun på en enkelt oplysning, så det er usikkert, om det skyldes statistisk usikkerhed.

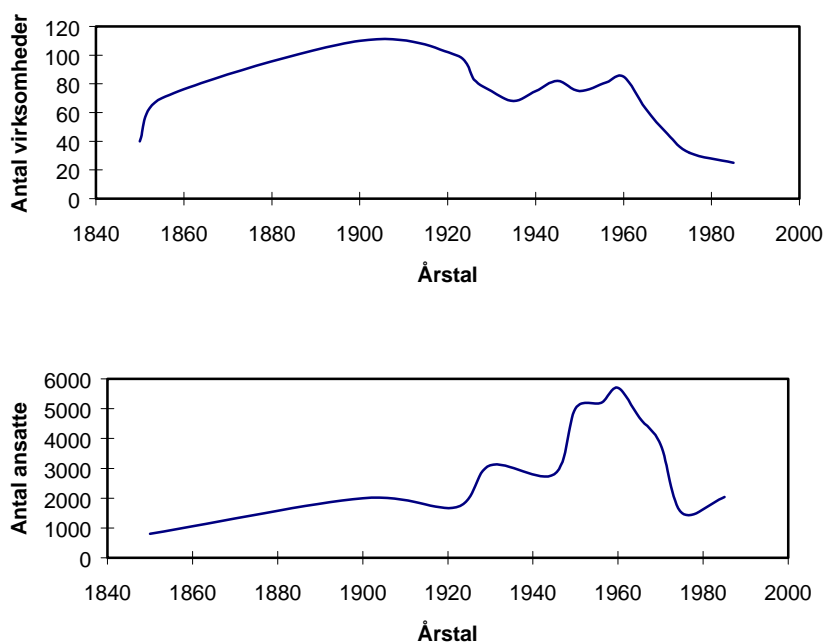
Produktiviteten for virksomheden steg jævnt gennem perioden. Produktiviteten pr. ansat er nogenlunde konstant i det 20. århundrede, dog stiger produktiviteten kraftigt i løbet af 1980'erne, men denne stigning bygger kun på en enkelt oplysning og skal opfattes med en del usikkerhed.

### 3.2.2 Antal virksomheder

Antallet af jernstøberier topper i starten af århundredet med 115 virksomheder, hvorefter det falder støt til 24 støberier i 1986. I 1940'erne og 1950 var der dog en mindre stigning i antallet af jernstøberier. Antallet af ansatte toppede omkring 1960 med 5.700 ansatte, hvorefter det jævnt faldt til 1.500 i 1986. I perioderne 1900-1920 og 1930-1945 var der et midlertidigt fald i beskæftigelsen. Udviklingen i antal jernstøberier og antal ansatte fremgår af figur 3.1.

Antallet af metalstøberier var i 1970 ca. 40 med ialt 1.031 ansatte, heraf 835 arbejdere, /1/. I 1988 var der 28 metalstøberier, der i alt beskæftigede 1.158 personer, hvoraf de 927 var arbejdere, /1/.

I dag findes der ca. 15 jernstøberier, der primært benytter skrot samt 15-20 metalstøberier, der benytter rene metaller som kobber-, bly, aluminiumlegeringer m.m., /17/.



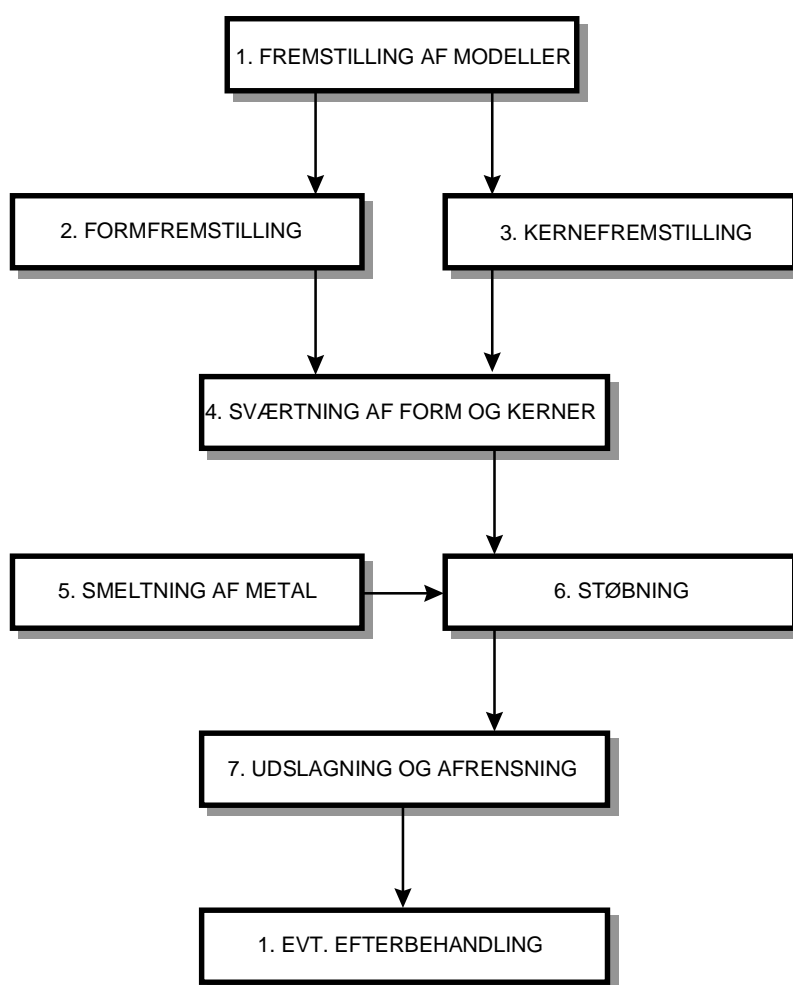
**Figur 3.1** Antal jernstøberier og antal ansatte i jernstøberier

## 4. processer, teknologi og miljøbelastning

### 4.1 Procesbeskrivelse

I dette afsnit beskrives de enkelte led i støbeprocessen og den affaldsproduktion, der har indflydelse på jord- grundvandsforurening. Beskrivelsen tager sit udgangspunkt i de forskellige arbejdsmetoder, der anvendes i støberbranchen og giver således en beskrivelse af processerne i disse arbejdsmetoder.

Som eksempel på en enkel støbeprocess gengives i figur 4.1. de principielle processer i denne arbejdsmetode.



**Figur 4.1** Organisationsdiagram for en støbeprocess

I princippet foregår enhver støbeprocess ved, at der fremstilles en model af det emne, der skal støbes (1). Ved hjælp af denne model fremstilles en form, hvori emnet skal støbes (2). Hvis der er hulrum i emnet, bliver der ilagt kerner i formen, disse kerner bliver også fremstillet på baggrund af modeller (3). Inden støbningen svæertes formen og kernerne ofte, sværtningen har til formål at give emnerne en glat overflade og virke som slipmiddel,

så de støbte emner lettere adskilles fra formen (4). Metallet smeltes i en ovn (5). Det smeltede metal hældes eller sprøjtes ind i formen (6). Efter afkøling fjernes det støbte emne fra formen, og det støbte emne afrenses efter støbeprocessen. Hvor omfattende denne afrensning er, afhænger af materialet, støbeprocessen, og hvad emnet skal anvendes til (7). Eventuelt sker der en efterbehandling, dypning i tjære, emaljering eller lignende (8).

Ved gennemgangen af de enkelte arbejdsmetoder vil hovedvægten blive lagt på støbning i sandforme og med støbejern som råvare, eftersom disse to processer har været langt det mest udbredte. Hvis der findes andre støbeprocesser og metaller, der giver væsentlige andre affaldsproblemer, er disse inddraget i beskrivelsen.

## 4.2 Produktionsindretning

Ved fremstilling af støbte emner har der årene igennem været de samme led i produktionsprocessen. Den største ændring har foregået i forbindelse med indretningen af produktionen. En af årsagerne til dette er den store mængde materialer, der skal transporteres i forbindelse med støbeprocessen. I 1930'erne var det nødvendigt at transportere 200 tons materialer for at producere 1 ton støbegods /3/.

Ved etablering af støberier i sidste århundrede foregik de fleste arbejdsprocesser i det samme lokale, og selve støbeprocessen foregik ofte direkte på eller i fabriksgulvet. Senere blev store emner ofte stadig støbt direkte i gulvet. Det er vigtigt at være opmærksom på, at gulvet i ældre støberier ofte kun bestod af støbesand, hvorved evt. spild blot kunne sive ned.

Efterhånden som støberierne blev større og mere mekaniserede, eksempelvis med formmaskiner og senere hen formerautomater, blev de enkelte funktioner opdelt i hvert sit lokale. Transporten mellem de enkelte funktioner foregik med kraner og vogne.

Efter 2. Verdenskrig blev de første rullebaner introduceret, en udvikling der fortsatte op gennem 1960'erne. Rullebaner giver mulighed for en let og smidig transport mellem kernefremstilling, formning og støbning. I enkelte tilfælde bliver rullebanerne kombineret med siloer og transportbånd for støbesand, der medfører et produktionslayout med en rationel produktion til følge, hvorved spildet også formindskes.

Med indførelsen af bolleformemaskinen (DISA-matic) i 1960'erne blev produktionen yderligere mekaniseret. I 1988 var der ca. 15 anlæg fordelt på ca. 8 støberier, og 15 ud af 25 støberier havde et sådant anlæg, men de fleste virksomheder anvender dog stadig også de mindre mekaniserede produktionsmetoder.

Den øgede mekanisering på støberier giver mulighed for en bedre styring af de enkelte komponenter. Her tænkes specielt på en optimering af forbruget af bindere, hærdere og andre kemikalier.

### **4.3 Arbejdsmetoder og miljøbelastning**

Nedenstående er de enkelte arbejdsmetoder på et støberi beskrevet.

#### **4.3.1 Fremstilling af modeller**

##### **Arbejdsmetode**

Ved fremstilling af modeller til forme og kerner anvendes en model af det emne, der skal fremstilles. Hvilket materiale modellerne skal fremstilles af, afhænger af støbemetode og hvilket metal, der skal støbes med. Modellerne fremstilles oftest af støbejern, bronze, letmetal, plastic eller træ. Hvilket materiale modellerne fremstilles af afhænger af, hvilke krav der stilles til holdbarhed, nøjagtighed m.m.

##### **Miljøbelastning**

Affald fra modelfremstilling kan være spåner, olie, maling, lak m.m. Men det forventes som potentiel miljømæssig belastning at være meget begrænset i forhold til den samlede miljøbelastning fra støberier og vil derfor ikke blive behandlet mere detaljeret.

#### **4.3.2 Formfremstilling**

##### **Arbejdsmetode**

##### **Sandforme**

Ved formfremstilling i sandform formes sandet omkring en model af det emne, der skal støbes. Til støbesand anvendtes tidligere brugt støbesand suppleret med nyt sand.

I sidste århundrede blev støbeformen ofte fremstillet direkte i gulvet i fabrikshallen. Dette betød, at gulvet ofte blot bestod af støbesand. I enkelte støberier kan gulvet stadig være ubefæstet og blot bestå af ler og støbesand. I slutningen af århundredet blev formning i kasse mere udbredt. I starten af dette århundrede blev det almindeligt at anvende formningsmaskiner. Disse formningsmaskiner blev efterhånden mere mekaniseret efter 2. Verdenskrig, hvorved der kom mere kontrol med sandforbruget.

I 1960'erne kom de første formnings- og støbningsmaskiner uden brug af formkasser (bolleformning) samtidig med, at den traditionelle formning i kasse blev yderligere mekaniseret, således at mekanisk formning i dag er langt det mest udbredte, enten i formkasser eller i bolleformningsanlæg. I 1990 er der ca. 25 bolleformningsmaskiner i Danmark, fordelt på 10-15 støberier.

Enkelte forme fremstilles dog stadig som håndformning ved seriestørrelser under ca. ti stk.

##### **Forme af lerbundet sand**

Tidligere anvendtes næsten udelukkende sand, der var iblandet ler, stenkul og vand. Processen anvendes stadig ved formning af mindre emner og emner fremstillet på automati-

ske anlæg. Som et kuriosum kan nævnes, at støbningen på enkelte virksomheder tidligere har foregået i kokasser.

Ved støbning holdes formen normalt sammen i en todelt formkasse. Formning kan også foregå uden kasse ved såkaldt bolleformning, hvor der laves et aftryk på begge sider af sandbollen. Bolleformgivningen anvendes i integrerede støbermaskiner, hvor formning, støbning og udslagning sker i den samme maskine - de såkaldte DISA-matic maskiner. Det er vigtigt at være opmærksom på, at der udelukkende anvendes lerbundet sand i forbindelse med maskiner, der arbejder med bolleformning.

### **Forme af kemisk bundet sand**

Til større eller mere komplicerede emner anvendes tørt sand, der er tilsat forskellige kemiske bindere og hærtere. En af de udbredte typer tørt sand er furansand, hvor der anvendes fenolbaserede bindere og hærtere af bl.a. fosfor og paratoluensulfonsyre (PST-syre).

Sand-, hårde- og bindemidler blandes inden formningen. Sandet genbruges fra støbeprocessen under tilsætning af ca. 10% nyt sand.

I bilag 2, tabel 2.1, er en oversigt over kemikalier, der anvendes til blanding af kemisk bundet formsand, /12/.

I 1975 blev ca. halvdelen af støbejern og stål, ca. halvdelen af tungt metaltonnagen (kobber, messing, zink mv.) og ca. en tredjedel af letmetaltonnagen udstøbt i harpiksbundet sand (bl.a. karbamid- og phenolharpiks). Der blev til fremstilling af forme og kerner forbrugt i alt ca. 1.000-1.500 tons af bindere og hærtere.

I 1976 anvendtes 6-800 tons phenolharpiks, dette svarer til 60% af støberiernes forbrug af kemiske sandbindemidler /12/.

Støbesand tilsættes ca. 1% bindere og hærtere.

### **Permanente forme (kokillestøbning)**

Ved støbning i metaller med moderate støbetemperaturer, såsom Al, Zn, Mg og Cu, anvendes i høj grad støbning i permanente forme. Formen er oftest lavet i støbejern eller stål og kan anvendes til mange støbninger - indtil 50.000 støbninger.

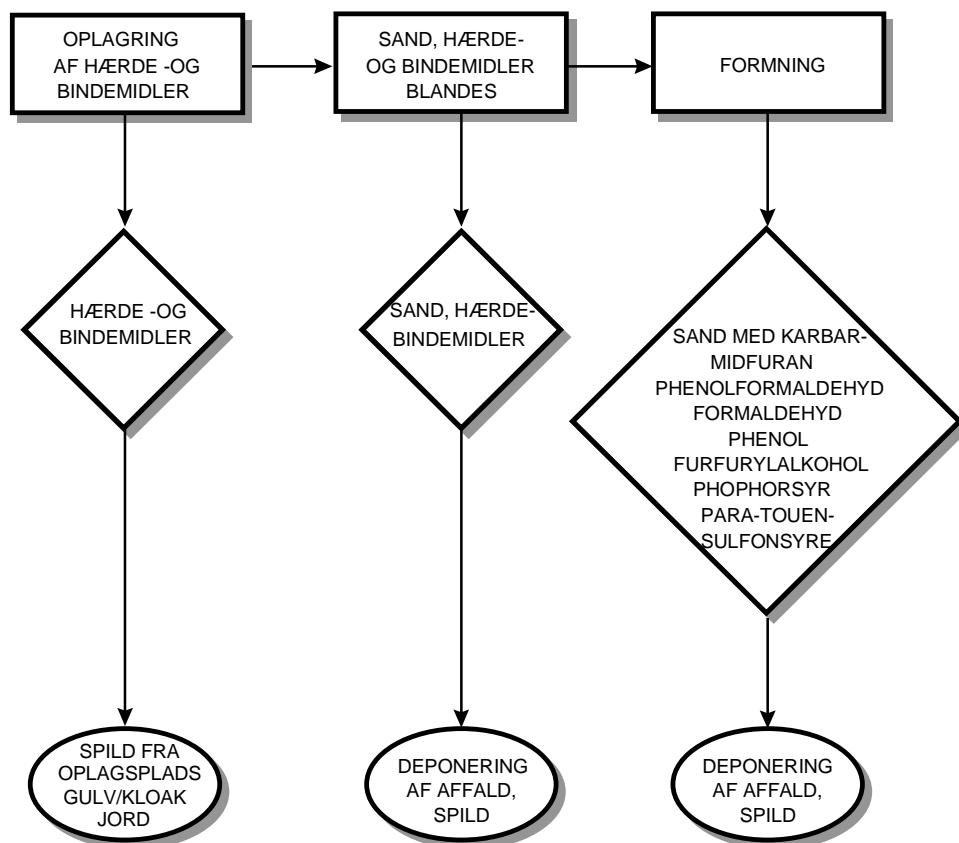
Der findes ud over de nævnte metoder til formfremstilling en del andre metoder, men de er ikke så udbredte, og det vil være for omfattende at behandle dem detaljeret.

### **Miljøbelastning**

Ved støbning i kemisk bundet sand vil der ved blanding og formgivning altid være et spild i form af sand og kemikalier, der anvendes som tilsætning.

Figur 4.2 viser skematisk miljøbelastning ved fremstilling af forme af kemisk bundet sand.

Ved støbning i fast form vil spildet være i forbindelse med fremstilling af en form og ved kassation af formen. Affaldsproblemet i forbindelse med faste forme må henføres til affaldsproduktion i forbindelse med støbning og affaldsproduktion i forbindelse med maskinfabrikker. Følgende gennemgang vil koncentrere sig om affaldsproduktionen i forbindelse med sandstøbning.



**Figur 4.2** Oversigt over arbejdsmetoder, potentielt forurenende stoffer/produkter samt potentielle forureningskilder ved formfremstilling med kemisk bundet sand

Med hensyn til risikoen for jord- og grundvandsforurening udgør kemisk bundet sand den største risiko pga. de stoffer, der anvendes som bindere og hærere.

I lerbundet sand er der derimod ikke nogen kemiske stoffer, der vil bevirke en nævneværdig risiko for jord- og grundvandsforurening. Der kan dog i det regenererede sand være rester af bindere og hærere fra kerner samt metaller fra selve støbeprocessen.

Af de stoffer, der anvendes til formfremstilling med kemisk bundet sand, er det primært phenol, formaldehyd, isocyanid og furfurylalkohol, der udgør en risiko for jord- og grund-

vandsforurening. Der er tale om miljøfremmede stoffer, der er biologisk omsættelige, og som er meget mobile mht. forurening af grundvandet.

Tidligere kasseredes der imellem 0,5 og 25 m<sup>3</sup> støbesand pr. ton færdigt gods. Opgørelsen er fra 1939, hvor der skal tages hensyn til, at sandforbruget er mindre ved et moderne støberi. Nu til dags genbruges ca. 90% af sandet, men der er tale om et stort stofflow med tilsvarende mulighed for spild.

### **4.3.3 Kernefremstilling**

#### **Arbejdsmetode**

Ved støbning er kernerens funktion at lave hulrum i emnet. Mens formen danner det umiddelbare omrids, danner kernerne de indre former i emnerne. Der anvendes altid nyt sand til fremstilling af kerner. Ved støbning i fast form fremstilles kernerne oftest af samme materiale som formen. Da denne type kerner kan anvendes mange gange, er affaldsproduktionen derfra minimal i forhold til kerner fremstillet af sand. Følgende afsnit vil derfor koncentrere sig om affaldsproduktionen i forbindelse med anvendelse af kerner fremstillet af sand.

Kernerne fremstilles oftest på et kerneskydermageri, der er placeret inden for støberiets område. Kernerne formes i kernekasser i sand tilsat bindemidler, hvorefter hærningen oftest sker ved gennemblæsning af en katalysator på luftform eller ved opvarmning.

Der har igennem tiden været anvendt forskellige typer bindere til fremstilling af kerner.

I bilag 2, tabel 2.2 er en oversigt over indholdet i forskellige typer bindere. I 1930'erne var oliesandskerner det mest udbredte, mens andre kerner blev fremstillet af ler som bindemiddel og mere sjældent med cement /3/.

I 1960'erne blev kemiske bindere meget udbredt, og i slutningen af 1980'erne blev cold-box-bindere anvendt på stort set alle støberier, mens oliesand og hot-box-kerner nu kun anvendes i begrænset omfang.

#### **Miljøbelastning**

De væsentligste muligheder for belastning af omgivelserne ved fremstilling af kerner er spild ved håndtering af kemikalier og ved blanding af sandet. Størrelsen af en eventuel miljøbelastning vil derfor være afhængig af forholdene på det enkelte støberi. Endvidere kan ubrugte og kasserede kerner udgøre en risiko, hvis de deponeres på området. I dag skal de bortskaffes som olie- og kemikalieaffald.

Ved fremstilling af kerner ved cold-box-metoden kan følgende stoffer udgøre en risiko for jord- og grundvandsforurening:



- flygtige aromater der anvendes som opløsningsmiddel for binderen, heraf kan nævnes benzen.
- MDI, der ved kontakt med vand danner MDA (methylen-disphenylamin)
- de forskellige aminer, der anvendes som katalysatorer
- phenol

For de andre typer bindere er der primært tale om phenol, formaldehyd og furfurylalkohol, som er nævnt i forbindelse med formfremstilling.

Der er ikke optegnet figur for miljøbelastningen ved kernefremstilling.

#### 4.3.4 Sværtning af forme og kerner

##### Arbejdsmetode

Inden støbning bliver forme og kerner ofte sværtet. Sværtningen har til formål at give emnet en mere glat overflade og virke som slipmiddel efter støbningen.

Sværtten kan påføres på flere forskellige måder; enten ved pensling, dypning, sprøjtning eller skylning. Påføringsmåden varierer efter de enkelte støberier, og hvilke typer emner det drejer sig om. Påføring med sprøjte er mest udbredt for øjeblikket. Efter sværtning bliver formene tørret ved luft, varme eller afbrænding. I tabel 4.1 er vist, hvilke komponenter der typisk indgår i sværten.

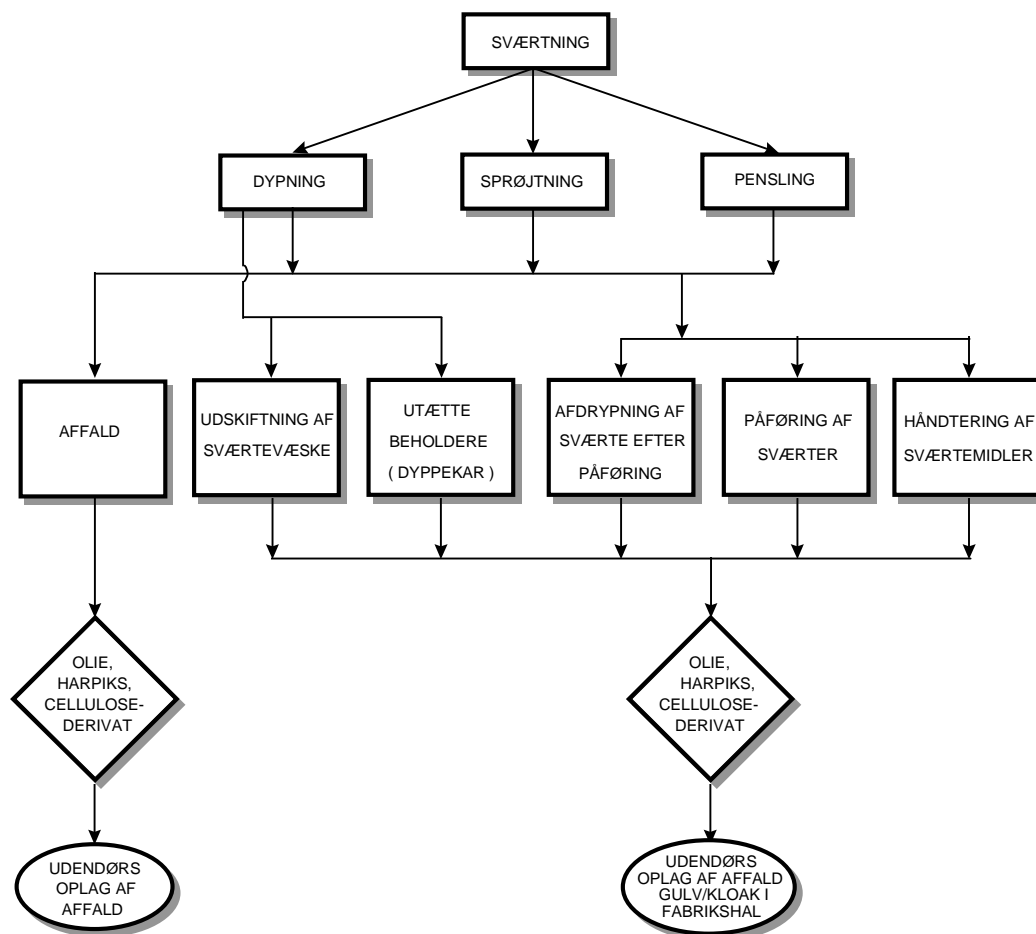
Komponent	Indhold
Basismateriale	grafit, koks, talk, zirkon eller Al-silikat
Opløsningsmiddel	ethanol, isopropylalkohol eller vand
Bindemiddel	olie, stivelse, harpiks, bentonit eller cellulose-derivat
Opslemningsmiddel	bentonit eller cellulosederivat
Andet	baktericider, aerosoler og befugtere

**Tabel 4.1** Komponenter i sværte. /15/

##### Miljøbelastning

Ved sværtning må miljøbelastningen forventes at være meget lille, det må primært forventes at være i forbindelse med spild under håndtering og anvendelse af sværten samt ved utætte kloakledninger, hvis sværten har været anvendt i bade.

Figur 4.3 viser skematisk miljøbelastningen ved sværteprocesser.



**Figur 4.3** Oversigt over arbejdsmetoder, potentielt forurenende stoffer/produkter samt potentielle forureningskilder ved sværteprocesser

De vigtigste stoffer i forbindelse med jord- og grundvandsforurening er opløsningsmidlerne ethanol og isopropylalkohol, der begge er meget mobile i grundvandszonen og let nedbrydelige.

### 4.3.5 Smeltning af metal

#### Arbejdsmetode

Til smeltning af støbejern har kupolovnen tidligere været enerådende, men i løbet af 1960'erne og fremefter afløste el-ovnen efterhånden næsten helt kupolovnen. Således at i 1989 foregik 80% af smeltningen med el-ovne. I samme periode blev det endvidere udbredt med en varmholdningsovn i forbindelse med en kupolovn.

Stålfremstilling kræver højere temperatur end støbejern, hvilket stiller øgede krav til ovnen. Tidligere anvendtes ofte en oliefyret ovn af Siemens-Martin typen, men efter 2. Verdenskrig blev el-ovne efterhånden mere udbredte.

Til smeltning af andre metaller, der har et lavere smeltepunkt end jern, anvendes enten digel-ovn eller el-ovn. Ved en digel-ovn smeltes metallerne i en beholder over en varmekilde.

Ved smeltning af jern og andre metaller tilsættes ofte forskellige legeringer for at forbedre metallets egenskaber. Tilsætningen sker ofte efter smeltningen for at undgå, at de brændes af i ovnen. Ved el-ovne sker legeringen i ovnen, efter metallet er smeltet.

I en kupolovn smeltes jern portionsvis, der lægges vekslende lag af jern eller skrot og brændsel i form af koks eller cinders. Endvidere tilsættes forskellige andre stoffer for at forbedre jernets kvalitet, blandt andet kalksten og fluspat til at binde slaggen. Forbrændingen sker under lufttilførsel, og det smeltede jern samles i bunden af ovnen, og der dannes en slagge af aske, sand rust m.m.

En el-ovn er en induktionsovn, der smelter metallet vha. el. I en el-ovn påfyldes kun metal og slaggedanner.

En Siemens-Martin ovn, der tidligere anvendtes til smeltning af stål, er en oliefyret ovn. Det vides ikke, hvor udbredt denne ovntype har været, og om den stadig er i anvendelse. Ifølge /3/ har denne ovntype været i brug på et par stålstøberier i 1939.

Til at transportere det smeltede metal fra ovnen til støbeformen anvendes en støbeske. Denne er for det meste fremstillet i jern eller stål og er ligesom ovnene indvendigt foret med ildfast materiale eller kakler. Det meste af foringen forbrænder under brug, således at det er en begrænset mængde materiale, der er til deponering. Størrelsen af støbeskeen afhænger af, hvilken størrelse emner der fremstilles. En større støbeske vil oftest blive transporteret i en kranskinne i loftet eller på truck.

### **Miljøbelastning**

De primære forureningskilder fra smelteprocessen vil være slagger, kasserede kakler fra ovne og støbeskeer og aske fra et eventuelt røgrensningsanlæg. Figur 4.4 viser skematisk miljøbelastningen ved smeltning af jern og metaller.

### **Afskumning af slagger**

Ved smeltningen foregår der en binding af urenheder til det tilførte slaggedanner, for kupolovne ofte kalksten og fluspat. Slaggen skummes af det flydende metal under smeltningen. Slaggen fra en kupolovn vil være sort og glasagtig.

Der produceres mellem 5 og 20% slagger i forhold til støbt gods /13/.

Slaggens indhold af forskellige forurenende komponenter er afhængig af ovntype, metalart og renheden af det pågældende metal. Specielt skrot kan indeholde mange forskellige metaller. Såvel koncentrationerne som hvilke metaller vil variere for de enkelte støberier afhængig af, hvilken type metaller, og hvilken renhed de har haft.

### **Metalindhold i slagger**

Slagger fra jern- og stålstøberier vil have et indhold af forskellige metaller. Disse kan være bly, cadmium, jern og mangan. I bilag 2, tabel 2.3 er gengivet en analyse af slagger fra en kupolovn, hvor der har været smeltet jern. Det smeltede materiales sammensætning kendes ikke.

### **Metalsmeltning**

Ved metalsmeltning er indholdet i slagger meget afhængig af, hvilke metaller/legeringer der smeltes. Der smeltes typisk kobber, tin, bly, zink, nikkel, antimon, aluminium og magnesium. I disse metaller er der ofte andre metaller i form af urenheder, disse metaller går over i slaggen eller emitteres til fri luft, hvis de afbrændes ved hovedmetallets smeltepunkt. Disse metaller er bl.a. arsen, guld, sølv, cobolt, bismuth og cadmium.

Der er risiko for, at forskellige oxiderede metaller kan trænge ind i lofte og vægge. Ved smeltning af kobber- og zinklegeringer kan det eksempelvis dreje sig om zink, kobber og blyoxider, /15/.

### **Slaggedeponering**

Der findes ingen generelle oplysninger om, hvad der er sket med den dannede slagge, men der er kendskab til flere tilfælde, hvor den er deponeret på eller lige ved støberiet. Ved ældre støberier er det derfor meget sandsynligt, at den er deponeret ved støberiet.

### **Udslagne kakler**

De kasserede kakler fra ovne og støbeske kan være forurenet med forskellige metaller. Det har ikke været muligt at få analyseresultater, der giver eksempel på, hvor stærk en forurening der kan forventes. De kasserede kakler kan være deponeret sammen med slagge på støberiets grund.

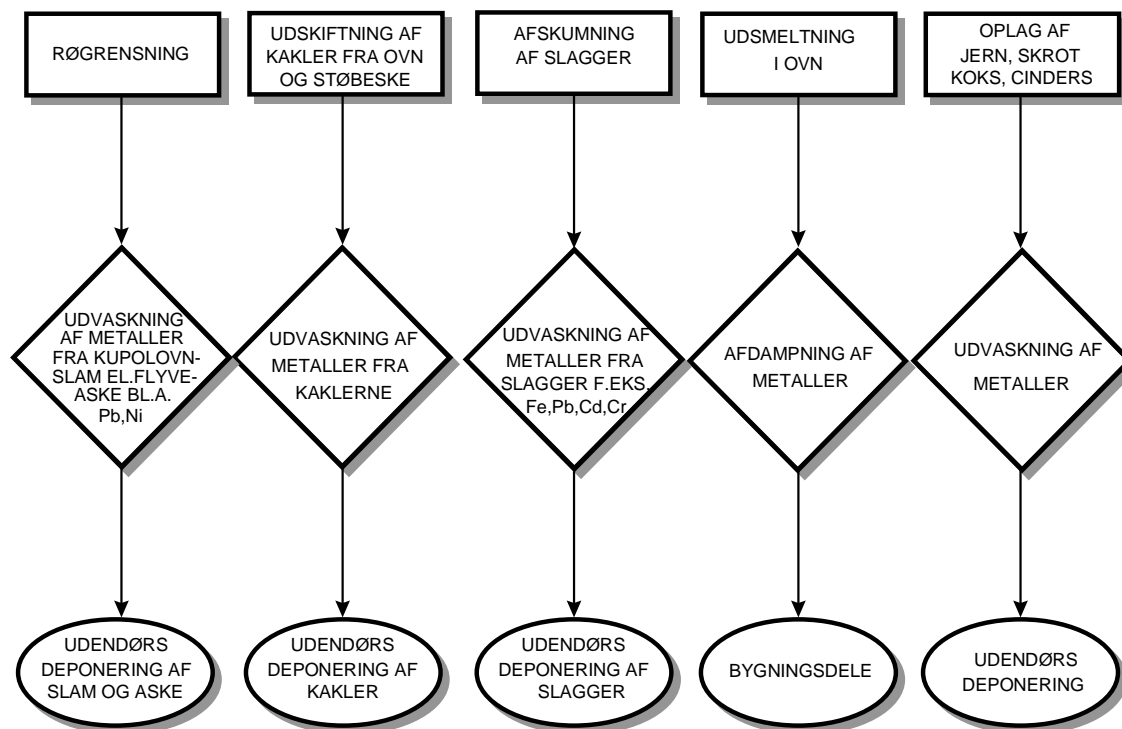
### **Røgrensningsaffald**

Hvis der er installeret røgrensningsanlæg, vil dette anlæg give nogle rester i form af fast affald, der kan være deponeret på støberiets område.

I bilag 2, tabel 2.4 viser indholdet af forskellige komponenter i tørret røgkammerstøv fra en vådvaskning af kupolovnrøggasser, kaldet kupolovns slam. I ovnen har der sandsynligvis været smeltet skrot. Det ses, at der er et højt indhold af forskellige metaller, deriblandt bly og nikkel. Metalindholdet er afhængig af, hvad der har været smeltet i ovnen. Kupolovns lam behandles som kemikalieaffald. /18/.

Filterstøv fra el-ovne og olie/gas ovne indeholder ligeledes forskellige metaller og metaloxider. Støv fra smeltning af jern og rødgoods vil indeholde relativt store mængder bly og blyoxyd og må betragtes som kemikalieaffald.

Herudover findes støv fra posefiltre, elektronfiltre og cykloner. Dette støv udgør størstedelen af støvproduktionen og består af en blanding af sand, slibemateriale og metallisk støv afhængig af det aktuelle støbegods. /18/.



**Figur 4.4** Oversigt over arbejdsmetoder, potentielt forurenende stoffer/produkter samt potentielle forureningskilder ved smeltning af jern og metaller

### 4.3.6 Støbning

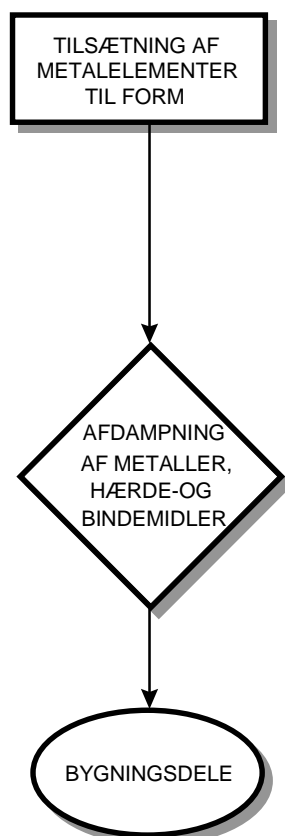
#### Arbejdsmetode

Ved støbeprocessen hældes det smeltede metal fra støbeskeen ned i formen, hvorefter formen afkøles, og det støbte emne er klar til udslagning og videre behandling.

#### Miljøbelastning

Under støbning i sandform vil der forekomme emissioner i form af gas og støv fra formsandet og kernerne. Emissionerne er størst ved støbning i kemisk bundet sand. Disse emissioner vil ikke umiddelbart udgøre et problem i forbindelse med jord- og grundvandsforurening, men kan være medvirkende til en forurening af selve bygningen.

Figur 4.5 viser skematisk miljøbelastningen ved støbeprocessen.



**Figur 4.5** Oversigt over arbejdsmetoder, potentielt forurenende stoffer/produkter samt potentielle forureningskilder ved støbeprocess

### 4.3.7 Udslagning og afrensning

#### Arbejdsmetode

Efter formene med de støbte emner er afkølet, skal emnet frigøres fra støbeformen. Ved støbning i faste forme kan emnet umiddelbart udstødes, hvorefter formen er klar til en ny støbning, og emnet har en meget fin overflade. Ved sandstøbning skal formen ødelægges for at frigøre emnet, hvorefter dette skal yderligere afrensnes. Denne proces afstedkommer en potentiel miljøbelastning, dette afsnit vil derfor beskæftige sig med udslagning og afrensning i forbindelse med sandstøbning.

På et mekaniseret støberi foregår udslagningen af formene vha. et rystebånd eller lignende, hvor formen og kernerne smuldrer og efterhånden falder fra hinanden. Tidligere og ved større eller komplicerede emner foregår udslagning manuelt. Sandet fra udslagningen bliver transporteret til regenerering, hvorefter det igen kan anvendes som støbesand.

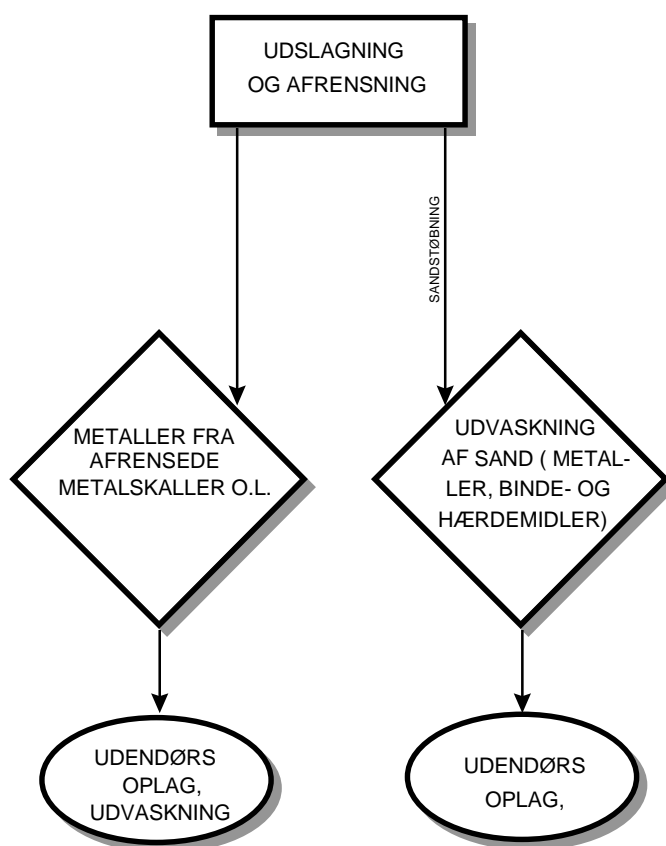
Efter udslagningen skal emnerne yderligere renses, hvilket sker ved rensning med stålhagl eller sand i tromler eller ved slynger.

Afslutningsvis bliver indløb, tappe og andre uregelmæssigheder slebet af, hvorefter støbe-godset er klar til brug.

### Miljøbelastning

Den mængde sand, der ikke kommer af emnerne ved udslagning, vil oftest ikke blive gen-anvendt og bliver derfor deponeret. 80-90% af støbesandet genanvendes i støberierne, mens de resterende 10-20% ikke bliver genanvendt, for øjeblikket svarer det til ca. 80-100.000 tons/år, /14/.

Det kasserede sand vil indeholde rester fra bindere, typisk phenoler og formaldehyd samt forskellige metaller fra støbeprocessen, deriblandt mulighed for forskellige tungmetaller. Der vil endvidere være slibestøv fra den yderligere rensning.



**Figur 4.6** Oversigt over arbejdsmetoder, potentielt forurenende stoffer/produkter samt potentielle forureningskilder ved udslagning og afrensning

### 4.3.8 Efterbehandling m.m.

#### Arbejdsmetode

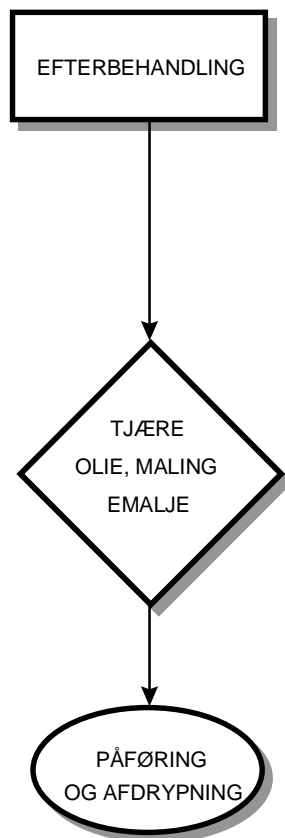
Ofte sker der en efterbehandling af emnerne på støberiet enten for at beskytte mod korro-

sion eller i forbindelse med produktion af mere eller mindre færdigbearbejdede produkter. Det vil typisk være påsprøjtning af tjære, olie og lignende eller en decideret bearbejdning som led i en maskinfabrikation eller overfladebehandling i form af emaljering af emnerne m.m.

### Miljøbelastning

Det vil være for omfattende i denne branchebeskrivelse at beskrive alle potentielle viderebehandlingsmuligheder samt den potentielle miljøbelastning derfra. Men i forbindelse med en forureningsundersøgelse på et nuværende eller nedlagt støberi er det vigtigt at være opmærksom på, om der har fundet en videre efterbehandling sted.

Da støberier er relativt store virksomheder, er der en del vedligeholdelse af maskiner m.m., der evt. kan give anledning til forurening. Det kan være maling, smøring og lign.



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



## 5. potentielle forurenende komponenter

### 5.1 Oversigt over potentielle forurenende komponenter

I nedenstående tabel er lavet en uprioriteret opgørelse over processer, kilder, spredning og forurenende stoffer/produkter. Detailoplysninger om anvendte produkter, herunder stoff-sammensætningen m.v. er givet i bilag 2.

PROCES	KILDER	SPREDNING	FORURENENDE STOFFER
Modelfremstilling med kemisk bundet sand	<ul style="list-style-type: none"> <li>deponering af affald fra model-fremstilling</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>spild i forbindelse med håndtering</li> <li>udvaskning af affald</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>olie</li> <li>maling</li> <li>lak</li> <li>plastrester m.m.</li> </ul>
Formfremstilling med kemisk bundet sand	<ul style="list-style-type: none"> <li>deponering af affald</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>spild i forbindelse med håndtering</li> <li>spild fra oplagsplads</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>karbonid</li> <li>phenolformaldehyd</li> <li>furfurylalkohol</li> <li>p-toluen-sulfonsyre (PTS-syre)</li> </ul>
Kernefremstilling ved cold- eller hot-box metoden	<ul style="list-style-type: none"> <li>deponering af affald fra kerne-fremstilling</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>spild i forbindelse med håndtering</li> <li>udvaskning af affald</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>methyldiphenylamin</li> <li>phenoler</li> <li>benzen, toluen og zylener</li> <li>formaldehyd</li> <li>PTS-syre</li> <li>karbamid</li> <li>furfurylalkohol</li> <li>phosphorsyre</li> <li>hexamethylen-tetramin</li> </ul>
Sværtning	<ul style="list-style-type: none"> <li>kasserede bade</li> <li>udendørs oplag af affald</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>spild i forbindelse med håndtering</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>olie</li> <li>harpiks</li> <li>cellulose-derivat</li> </ul>

Note: Fortsættes næste side

Smeltning	<ul style="list-style-type: none"> <li>• metaldampe</li> <li>• affald fra smeltning</li> <li>• udendørs deponering af slam, aske, slagge og kakler</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• udvaskning af metaldampe, der sætter sig i bygningen</li> <li>• udvaskning af slagge der deponeres på området</li> <li>• udvaskning af slam og aske fra evt. filtre og røgvasker, der deponeres på støberiet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• metaller (Fe, Pb, Cg, Cr)</li> </ul>
Støbning	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dampe</li> <li>• udendørs deponering af affald</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dampe kan sætte sig i bygningen</li> <li>• udvaskning af sand</li> <li>• spild</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dampe fra kerner</li> <li>• formsand og -sværte</li> <li>• metaloxider, binde- og hærtemidler</li> </ul>
Udslagning	<ul style="list-style-type: none"> <li>• affald fra udslagning</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kasseret sand</li> <li>• afrensningsmateriale (sand og stålkugler), der deponeres på støberiet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rester af binder / hærder fra formsand</li> <li>• tungmetal i støbesand og afrensning</li> </ul>
Efterbehandling	<ul style="list-style-type: none"> <li>• olie-/tjærebehandling</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• spild i forbindelse med håndtering</li> <li>• kasserede bade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tjære</li> <li>• olie</li> <li>• maling</li> <li>• emalje m.m.</li> </ul>

**Tabel 5.1** Miljøbelastning ved jern- og metalstøberier

## 5.2 Stofbeskrivelse - kemiske data

I bilag 1 findes datablade for udvalgte forureningskomponenter omtalt i afsnit 5.1.

Databladene for de organiske stoffer viser fysisk-kemiske data; molvægt, densitet, kogepunkt, damptryk, vandopløselighed og oktonol-vand fordelingskoefficient, hvor det har været muligt at finde relevante data.

For metallerne er anført de mest forekommende ioner i jord- og grundvandsmiljøet samt hvilken betydning redoxforhold, udfældning, sorption, og kompleksering har for stoffets fordeling i jord og grundvand.

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

Endvidere er det anført om stoffet er optaget på listen over farlige stoffer, /19/.

Stofferne er udvalgt på baggrund af hyppighed i anvendelse og farlighed.

Der er udarbejdet datablade for følgende komponenter:

- bly
- chrom
- cadmium
- kobber
- nikkel
- methylen-bis-phenylisocyanat
- formaldehyd
- phenol
- phenolharpiks og furan
- p-toluensulfonsyre (PTS-syre)

## 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 tidligere 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 tidligere 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, indenfor den branche man kortlægger. Kendetegnende 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 jern- og metalstøberibranchen, kan udover denne branchebeskrivelse nævnes;

- Lossepladsprojektet, Udredningsrapport U2, "Forurenede industrigrunde", januar 1988.

### 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
- Identifikation af processer, oplag og produktionsomfang samt udvikling
- Identifikation af håndterede miljøfarlige stoffer og lokalisering af hotspots.
- Oplysninger om brande og ulykker

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

Ved undersøgelse af jern- og metalstøberier er det f.eks. vigtigt at skelne mellem kupolovnsdrift og elektroovne samt støbesand og furansand, da den videre strategi i forbindelse med registreringsundersøgelsen vil være helt forskellig ved de to overordnede proces typer. Ved man f.eks. intet om brugen af bindere, men ved man, at der har været tørreovn ved kernemageriet, kan man udelukke brugen af koldhærdende, kemiske bindere. Herudover er det især ved kupolovne relevant at inddrage luftafkast i forhold til naboejendomme, hvor afkastet giver anledning til langt højere belastning med tungmetaller. Men også andre ovntyper kan give et betydeligt afkast og hermed belastning.

### 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)

### **Fysisk indretning og udvikling**

- 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 Matrikel styrelsen, amter og kommuner
- Skrå-/flyfotos fra lokalhistorisk arkiv, museer, Det Kgl. Bibliotek, f.eks. Sylvest Jensens fotosamling
- Politiarkiv  
(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**

- Dansk Tarifforenings inspektionsberetninger
- Arbejdstilsynets inspektionsberetninger (tidligere Fabrikstilsynet)
- Festskrifter, tidsskrifter, avisartikler
- Lossepladsprojektet, Udredningsrapport U2, "Forurenede industrigrunde", januar 1988.
- 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 pkt. 3 - dog suppleret med teknisk historisk litteratur, som kan beskrive sammenhængen i branchespecifikke produktnavne og stoffer samt delprocesser.

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

### **Oplysninger om brande og ulykker**

Der søges oplysninger hos ejer/bruger, brandvæsen og kommune om brande eller ulykker, der kan have medført spredning af forurening

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

I forbindelse med udarbejdelse af historik for et givent støberi er det vigtigt, for senere fastlæggelse af analyseprogram, at det forsøges at indhente oplysninger om hvilke kemiske bindere og hærdere, der har været anvendt, evt. også hvilke der har været anvendt i størst mængde, så man derudfra kan vurdere, hvilke af de i kapitel 5 nævnte potentielle forureningskomponenter man skal lede efter.

Flybillede bør inddrages i historikken til belysning af eventuelle terrænreguleringer i området omkring støberiet, da det op til starten af 70'erne var almindeligt at deponere slam fra vådfiltre, støv og slagge i mosehuller og lignende naturlige lavninger. Der undersøges endvidere for intern affaldsdeponering og herunder deponering af kasseret støbesand evt. i forbindelse med terrænregulering på ejendommen eller i omgivelserne.

Nabogrunde bør i et vist omfang inddrages i en undersøgelse pga. vindspredning af tungmetaltholdigt støv.

### 6.1.2 Status for branchens miljøbelastning

På støberier 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 støberi. I oversigterne er de mest sandsynlige miljøbelastninger nævnt.

På baggrund af ovennævnte tabeller er der nedenfor givet en prioriteret liste over forureningskilder på et støberi. 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 det aktuelle støberi.

<i>Kilder som <b>altid medtages</b> i en undersøgelse</i>
• Benzin/olieudskillere samt sandfang
• Nedgravede olietanke med tilhørende rørføringer, påfyldning og udluftning
• Udendørs deponering af affald fra støbning
• Udendørs deponering af slagge og slam
<i>Kilder som <b>anbefales medtaget</b> i en undersøgelse</i>
• Utætte kloakker
• Afdrypning af sværte efter påføring
• Oplagring af hårde- og bindemidler
• Sted for eventuel affedtning af emner
<i>Kilder som i <b>specielle tilfælde kan medtages</b> i en undersøgelse</i>

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Eventuelt spild på udendørs arealer</li></ul> |
|---|

På støberier anbefales at undersøge for såvel jord- som grundvandsforurening

## 6.2 Teknisk undersøgelse

### 6.2.1 Prøvetagning

Udførelse af boringer og udtagning af jord- og vandprøver er beskrevet i Miljøstyrelsens generelle branchevejledning, /16/, hvortil der henvises.

#### 6.2.1.1 Boringer

Specifikt anbefales det, at lokaliseringsboringer føres til minimum 3 meter eller til bund af fyldlag, hvis denne ligger dybere. Det anbefales desuden, at der nedstrøms de forurenende aktiviteter udføres én eller flere filtersatte undersøgelsesboringer med henblik på vandprøvetagning i det terrænnære grundvandsmagasin.

Jordprøver udtages i tilknytning til udførelse af lokaliserings- og undersøgelsesboringer.

#### 6.2.1.2 Gravninger

I forbindelse med undersøgelse af støberigrund bør det overvejes at supplere borearbejdet med gravninger.

Gravninger er velegnede til at undersøge de terrænnære jordlag på store arealer for forurening. Gravningerne kan udføres med maskiner, f.eks. rende-graver eller "bob cat" eller med håndkraft vha. spade eller jordspyd/håndbor.

Fordelen ved gravninger er dels, at man kan få undersøgt et stort areal i overfladen nemt og hurtigt (og billigt sammenlignet med borearbejde), dels at man får et godt indtryk af sammensætningen af fyldlagene, hvilket har betydning for vurdering af f.eks. forhold omkring affaldsdeponering.

## 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



- registrering af misfarvninger
- registrering af evt. lugt
- PID-måling (måling med photoionisationsdetektor)

Metalforurening lader sig som bekendt ikke spore med den indledende karakterisering. Det bør derfor overvejes at supplere den indledende karakterisering med anvendelse af feltmetoder til screening af et større antal jordprøver for de typisk forekommende metaller. Feltanalyser omtales i afsnit 6.2.2.2.

PID-målinger anvendes for at identificere mulige forureninger med flygtige, organiske stoffer. Det er dog ikke alle organiske stoffer, der giver udslag på PID. Om et stof responderer på PID afhænger af stoffets ioniseringspotentiale, samt af om stoffet er så flygtigt, at det optræder i headspacen over jordprøven.

Retningslinier for udførelse af PID-måling er anført i Miljøstyrelsens vejledning, /20/.

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

Såfremt der konstateres lugt eller tilstedeværelse af oliefilm i forbindelse med prøvetagningen, skal dette noteres.

### 6.2.2.2 Feltanalyser

På støberier kan det anbefales at anvende følgende feltanalyser:

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

Metalforurening lader sig kun i sjældne tilfælde spore ved den indledende karakterisering. Det bør derfor overvejes at supplere den indledende karakterisering med anvendelse af feltmetoder til metalscreening af et større antal jordprøver.

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 røntgenfluorescensteknik 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 givet forslag til analyseprogrammer for både jord- og vandprøver. Analyseprogrammerne medtager de komponenter, der er hyppigst forekommende på støberier.

Der skal dog gøres opmærksom på, at der, som det fremgår af kapitel 5, findes talrige forskellige produkter, der kan have været anvendt på et støberi. Nedenstående analyseprogrammer kan derfor udvides med analyse for specifikke komponenter, hvis den historiske redegørelse indikerer anvendelse af specielle produkter.

Det er vigtigt i orienteringsfasen at være opmærksom på, hvilke kemiske bindere og hærdere der har været anvendt på den konkrete lokalitet. Analyseprogrammet skal indrettes i overensstemmelse hermed.

### 6.2.2.3.1 Jordprøver

Det anbefales, at udvalgte jordprøver udtaget på støberigrunde, analyseres for parametrene anført i tabel 6.1.

Analyseprogram	Følgende parametre medbestemmes	Analysemetode	Detektionsgrænseniveau
Metaller (mange prøver)	Bly	EDXRF	15-50 mg/kg
	Chrom	EDXRF	15-300 mg/kg
	Kobber	EDXRF	15-50 mg/kg
	Nikkel	EDXRF	15-100 mg/kg
	Zink	EDXRF	15-50 mg/kg
Metaller (udvalgte prøver)	Bly	ICP eller AAS	0,1-2 mg/kg
	Cadmium	ICP eller AAS	
	Chrom	ICP eller AAS	0,1-2 mg/kg
	Kobber	ICP eller AAS	0,1-2 mg/kg
	Nikkel	ICP eller AAS	0,1-2 mg/kg
	Zink	ICP eller AAS	0,1-2 mg/kg
Ekstraherbare, organiske stoffer	Benzen Toluen Xylener	Ekstraherbare, organiske stoffer ved GC-FID evt. i kombination med GC-MS	Ca. 0,1 mg/kg for enkeltkomponenter
Specifikke hærdere	Toluendiamin Methyldiphenylamin (hydrolyseprodukter af isocyanater) Furfurylalkohol	GC-MS-SIM efter passende ekstraktion/forbehandling	Typisk 0,002-0,02 mg/kg for enkeltstoffer ved GC-MS-SIM

Note: De anførte detektionsgrænser er hentet fra gældende metodebeskrivelser og prislistes 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

Hvis der findes fyldestgørende og pålidelige informationer om hvilke bestemte bindere/hærdere, der har været anvendt, kan analyseprogrammet evt. indskrænkes. Isocyanaterne vil ved kontakt med vand i jord- eller grundvandsfasen hydrolysere til de tilsvarende amin-forbindelser, dvs. toluendiisocyanat hydrolyseres til toluendiamin og methylen-bis-(phenylisocyanat) til methyldiphenylamin, der bliver de stoffer, der skal analyseres for. De

Øvrige bindere, der er nævnt i tabel 5.1, er alle faste, polymeriserede stoffer, der er uopløselige i vand, mens hærdere typisk er meget flygtige og/eller meget vandopløselige stoffer, som det vil være uhensigtsmæssigt at analysere for i jord.

I det følgende er de anbefalede analysemetoder kort beskrevet.

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 flammeionisationsdetektion, 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/

Specifikke organiske forbindelser ved GC-MS-SIM	
Anvendelsesområde	Bestemmer specifikke organiske stoffer efter eget valg
Kort om princip	Ekstraktion af jordprøven med passende ekstraktionsmiddel efterfulgt af gaschromatografi kombineret med massespektrometri i selektiv ion mode (GC-MS-SIM)
Fordele	Specifik metode til bestemte stoffer, lav detektionsgrænse
Ulemper	Tidskrævende, bestemmer kun de stoffer der er bedt om Forholdsvis høj pris
Henvisninger	/26/

## Metaller

Der bør udvælges mange jordprøver til analyse for metaller på støberigrunde. Specielt bør områder med smeltning, støbning, udslagning samt deponier for støbesand og slagger undersøges.

Jordprøverne bør analyseres for metallerne bly, chrom, nikkel, kobber, zink samt i udvalgte prøver også cadmium. Der findes flere metoder til analyse for disse metaller.

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 at analysere for de metaller der ikke medbestemmes ved XRF (f.eks. Cd og Hg)

- 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 (oplukning kontra direkte måling).

Atomabsorbtiionsspektrometri, 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 atomabsorbtiionsspektrometri 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

Vandprøver fra støberier anbefales analyseret efter følgende program (tabel 6.2):

Analyseprogram	Følgende parametre medbestemmes	Analysemetode	Detektionsgrænseniveau
Ekstraherbare, organiske stoffer	Benzen Toluen Xylener	Ekstraherbare, organiske stoffer ved GC-FID evt. i kombination med GC-MS	0,2-1 µg/l for enkeltkomponenter
Phenoler	Phenol Cresoler Xylenoler	GC-MS, GC-ECD eller HPLC efter forudgående ekstraktion og evt. derivatisering	1-2 µg/l
Chlorerede opløsningsmidler	Tetrachlormethan Trichlormethan Trichlorethylen Tetrachlorethylen 1,1,1-Trichlorethan	Halogenerede, organiske stoffer ved GC-ECD	Ca. 0,00 µg/l
Specifikke organiske komponenter	Toluendiamin Metyldiphenylamin (hydrolyseprodukter af isocyanater)	GC-MS-SIM efter passende ekstraktion/forbehandling	Typisk detektionsgrænse ved GC-MS-SIM: 0,02-0,2 µg/l
	Formaldehyd	Spektrofotometrisk metode	
	Furfurylalkohol	GC-MS-SIM efter passende ekstraktion/forbehandling	Typisk detektionsgrænse ved GC-MS-SIM: 0,02-0,2 µg/l
	Triethylamin	GC-MS-SIM efter passende ekstraktion/forbehandling	Typisk detektionsgrænse ved GC-MS-SIM: 0,02-0,2 µg/l
	p-toluensulfonsyre	HPLC	?

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 6.2** Analyseprogram for vandprøver

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

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 jor-

den. Ved meget koncentrerede forureninger med tungmetal bør det også overvejes at lade vandprøver analysere.

Angående beskrivelse af de enkelte analysemetoder henvises til metodebeskrivelser for jordprøver. Nedenfor er dog givet en beskrivelse af analyse for phenoler og for chlorerede.

Phenol, cresoler og xylenoler ved GC-ECD/GC-MS-SIM	
Anvendelsesområde	Bestemmer phenol, cresoler og xylenoler
Kort om princip	Ekstraktion af jordprøven med dichlormethan evt. som et surt ekstrakt, efterfulgt af gaschromatografi kombineret med massespektrometri i selektiv ion mode (GC-MS-SIM) eller derivatisering og analyse ved GC-ECD
Fordele	Specifik metode, lav detektionsgrænse, 0,1 mg/kg (GC-MS)
Ulemper	Tidskrævende, bestemmer kun de stoffer der er bedt om Forholdsvis høj pris
Henvisninger	/26/

GC-ECD	
Anvendelsesområde	Chloroform, tetrachlormethan, 1,1,1-trichlorethan, trichlorethylen 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 xylene med efterfølgende analyse ved GC-MS
Henvisninger	/26/

### 6.2.2.3.3 Poreluftprøver

Ved anvendelse af poreluftmålinger på lokaliteter, hvor der har været jern- og metalstøberier, 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. 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 passende luftstrøm fra den umættede zone. Med hensyn til udførelse henvises til Miljøstyrelsens generelle branchevejledning. /16/

Anvendte analysemetoder er beskrevet tidligere i rapporten.

## 7. litteraturliste

- /1/ Industristatistik diverse årgange.
- /2/ Miljøregulering af den rette støbning. Den teknologisk-samfundsvidenskabelige planlæggeruddannelse, RUC, 1989.
- /3/ Ramløv, A., Henriksen, E.K. (Red.).  
"Jern og stål". Alfred Jørgensens Forlag 1941.
- /4/ Niels Helner, Strukturundersøgelse inden for danske jern- og stålstøberier, udført for Foreningen af Danske Jernstøberier 1970-71.
- /5/ Støbeskeen, en analyse af teknologi og arbejdsforhold i de danske jernstøberier. Arbejdstekst nr. 2, juni 1980. Institut for Samfundsfag, DTH.
- /6/ På sporet af et fag - formerfaget i støberibranchen. Den teknologisk-samfundsvidenskabelige planlæggeruddannelse, RUC, 1981.
- /7/ Foreningen af danske jernstøberier 1919 - 1944, Svend Heineke og Valdemar Jensen, København 1944.
- /8/ Støbte emner
- /9/ Sabroes støberi division, slaggerapport, DGT november 1989.
- /10/ L. Lange og Co. 1850-1987, Niels Svolgaard, Husets Forlag 1988.
- /11/ Undersøgelse af Frederiksværksdepoterne. Udvaskning af kupolovnsslam. Laboratorieforsøg. Delrapport 1. Peter Kjeldsen & Thomas H. Christensen. Lab. for teknisk Hygiejne, DTH, 1985.
- /12/ Arbejdsmiljømæssige forhold ved anvendelse af kemiske bindere i støberier. Ole Huusmann. Teknologisk Institut, 1978.
- /13/ Pyrolyseprodukter ved støbning i kemisk bundet sand, del 1. Ole Huusmann, Teknologisk Institut 1976.
- /14/ Genindvinding af støberisand. R. Crepaz.
- /15/ Den kemiske belastning af arbejdsmiljøet i jern- og metalindustrien, en forundersøgelse. H.J. Styhr Pedersen et al. Institut for Kemiindustri, DTH, 1981.
- /16/ Generel branchevejledning for forurenede grunde. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 3, 1992.

- /17/ Samtale med Kim Frese, Frese Jern- og Metalstøberi i Slagelse.
- /18/ Miljøprojekt nr. 191, 1992. Renere teknologi i jern- og metalstøberier. Miljøstyrelsen, 1992.
- /19/ Bekendtgørelse af listen over farlige stoffer. Miljø- og Energiministeriets bekendtgørelse nr. 69 af 7. februar 1996.
- /20/ Generel branchevejledning for forurenede grunde. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 3, 1992.
- /21/ Jordanalyser. Skrift fra møde den 25. september 1991 afholdt af ATV- Komiteen vedrørende Grundvandsforurening.
- /22/ Branchevejledning for forurenede træimpregneringsgrunde. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 4, 1992
- /23/ Forurenede og rensede jord på Sjælland og Lolland-Falster. Vejledning i håndtering og bortskaffelse af forurenede og rensede jord udgivet af amterne på Sjælland samt Frederiksberg og Københavns Kommuner, Februar 1997
- /24/ Vejledning i anvendelse og deponering af forurenede og rensede jord, Vestsjællands Amt, 1993.
- /25/ Lossepladsprojektet, Udredningsrapport U6, Kilder til industrikortlægning, December 1989.
- /26/ Miljøstyrelsen; Udkast til "Vejledning om prøvetagning og analyse af jord", Miljøstyrelsen, 14. februar 1997.
- /27/ 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 forurenende stoffer

UDVALGTE STOFFER	PRODUKTGRUPPER
bly	Kupolovnslagge, støv
chrom	do
cadmium	do
kobber	do
nikkel	do
methylen-bis-phenylisocyanat	Komponent i binder
formaldehyd	Komponent i binder
phenol	Komponent i binder
phenolharpiks og furan	Komponent i binder
p-toluensulfonsyre (PTS-syre)	Hærder

Fareklasser i henhold til “listen over farlige stoffer”:

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

Navn	<b>Phenol</b>	Enhed	Referencer
Synonymer	Carbolsyre, hydroxybenzen		
CAS nr.	108-95-2		
Kemisk formel	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH		
Tilstandsform	Fast stof		A
Molvægt	91,11	g/mol	A
Densitet	1,07	g/ml	A
Smeltepunkt	41	°C	A
Vandopløselighed	82 (15 °C)	mg/l	A
Damptryk	0,2 (20 °C), 1 (40 °C)	mmHg	A
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log)	1,46/1,50		A/B
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Koncentration >5%: T, C Koncentration 1-5%: X <sub>n</sub> , X <sub>i</sub>		G
Forekommer i:			
Jord			
Grundvand	*		
Poreluft			
Bemærkninger	Polymeriserer let.		

Navn	<b>Phenolharpiks</b>	Enhed	Referencer
Synonymer	Phenolformaldehyd		
CAS nr.			
Kemisk formel	$C_6H_4OH-CH_2-(C_6H_3OH-CH_2)_n-C_6H_5OH$		
Tilstandsform	Fast polymer		
Molvægt	>1.000	g/mol	
Densitet		g/ml	
Kogepunkt		°C	
Vandopløselighed	Uopløselig i vand. Opløselig i alkohol.	mg/l	
Damptryk		mmHg	
Oktanol-vand fordelingsforhold (log)			
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Ikke medtaget i listen. Sammensatte produkter i form af polymerer klassificeres efter indholdet af fri monomer i produktet og med de symboler, der er angivet for monomeren. (Her: Phenol, formaldehyd).		G
Forekommer i:			
Jord			
Grundvand			
Poreluft			
Bemærkninger			



Navn	<b>Methylen-bis-phenylisocyanat)</b>	Enhed	Referencer
Synonymer	Diphenylmethan-4-4'-diisocyanat Bis (p-isocyanatophenyl)methan		
CAS nr.	101-68-8		
Kemisk formel	OCN-C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> -CH <sub>2</sub> -C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> -NCO		
Tilstandsform	Fast/væske		
Molvægt	250,26 (MDA: 198,26)	g/mol	-/A
Densitet		g/ml	
Kogepunkt	335,85 (MDA: 231) (11	°C	-/A
Smeltepunkt	mmHg) 38,05 (MDA: 93)	°C	-/A
Vandopløselighed		mg/l	
Damptryk		mmHg	
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log)			
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	X <sub>n</sub>		G
Forekommer i:			
Jord	* (Findes som MDA)		
Grundvand			
Poreluft			
Bemærkninger	Hydrolyserer ved tilstedeværelse af vand til metyldiphenylamin (MDA)		

Navn	<b>p-Toluensulfonsyre</b>	Enhed	Referencer
Synonymer	4-Methylbenzensulfonsyre		
CAS nr.	104-15-4		
Kemisk formel	CH <sub>3</sub> -C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> -SO <sub>2</sub> OH		
Tilstandsform	Fast stof, flager		A
Molvægt	172,2	g/mol	C
Densitet		g/ml	
Smeltepunkt	106-107	°C	A
Vandopløselighed	670 g/l = 670.000	mg/l	C
Damptryk		mmHg	
Oktanolvand fordelingsforhold (log)			
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Indeholdende mere end 5% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> : Koncentration >25%: C Koncentration 10-25%: X <sub>i</sub> Indeholdende højst 5% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> : Koncentration >20%: X <sub>i</sub>		G
Forekommer i:			
Jord			
Grundvand	*		
Poreluft			
Bemærkninger			

Navn	<b>Furan</b>	Enhed	Referencer
Synonymer	Furfuran		
CAS nr.	110-00-9		
Kemisk formel	C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O		
Tilstandsform	Væske, farveløs		A
Molvægt	68,07	g/mol	A
Densitet	0,937	g/ml	A
Kogepunkt	31,3 (758 mmHg)	°C	A
Vandopløselighed	10.000 (25 °C)	mg/l	A
Damptryk		mmHg	
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log)	1,34		
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Ikke medtaget i listen.		G
Forekommer i:			
Jord			
Grundvand	*		
Poreluft	(*)		
Bemærkninger			

Navn	<b>Bly</b>
Kemisk betegnelse	Pb
Atomnummer	82
Generelt	Bly er et toksisk tungmetal.
Optræder i følgende oxidationstrin	Bly forekommer på følgende oxidationstrin: 0, +II og +IV. For bly er oxidationstrin +II det mest sædvanlige og stabile i naturen.
Mest forekommende ioner i jord/vand	Bly optræder som $Pb^{2+}$ i det terrestiske miljø.
Redoxforhold	Ingen praktisk betydning
Udfældning/ opløselighed	Udfældningsreaktioner har stor betydning for bly i det terrestiske miljø. Bly kan bla. udfældes som sulfider, carbonater, sulfater, hydroxider.
Sorption	Bly tilbageholdes kraftigt i jord som følge af både udfældninger og sorption, men det kan være vanskeligt at adskille effekterne af de to forskellige processer, hvilket man skal være opmærksom på ved benyttelse af $K_d$ -værdier.
Komplexering	Bly danner komplekser med både uorganiske (chlorid og carbonat) og organiske ligander. Bly kompleksere i modsætning til de fleste andre metaller villigt med organisk stof.
Mobilitet/ Forekommer i jord vand luft	*
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Blyforbindelser klassificeres generelt som "sundhedsskadelige" (faresymbol Xn) og reproduktionsskadelige. Enkelte blyforbindelser er klassificeret som "kræftfremkaldende", det gælder bla. blychromat og organiske blyforbindelser (som f.eks. tetraethylbly).

Reference:

Kemiske stoffers opførelse i jord og grundvand: Bind 2. Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen, nr. 20, 1996

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

Reference:

Kemiske stoffers opførsel i jord og grundvand: Bind 2. Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen, nr. 20, 1996

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, $Cr^{3+}$ , mens Cr(+VI) i det terrestiske miljø findes som anionen chromat, $CrO_4^{2-}$ eller $HCrO_4^-$ .
Redoxforhold	Redoxforhold har stor betydning for chroms opførsel i jord og grundvand, da Cr(+VI) er mere mobilt end Cr(+III) pga. dannelsen af oxyanioner. Endvidere er Cr(+VI) forbindelser mere toksiske end Cr(+III).
Udfældning/ opløselighed	Udfældning har betydning for Cr(+III)forbindelsers opførsel i jord og grundvand, da Cr(+III) kan udfældes som hydroxid. Cr(+VI) vil under de fleste miljørelevante forhold findes i opløsning, dog med udfældning af bariumchromat som mulig undtagelse.
Sorption	Sorption har mindre betydning for chroms opførsel i jord og grundvand. Sorptionen af chromat er stigende ved faldende pH, men sorptionen er afhængig af konkurrencen fra andre anioner, f.eks. fosfat.
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:

Kemiske stoffers opførsel i jord og grundvand: Bind 2. Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen, nr. 20, 1996

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:

Kemiske stoffers opførsel i jord og grundvand: Bind 2. Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen, nr. 20, 1996

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 <sup>2+</sup> 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 <sub>d</sub> -værdier for nikkel afhængig af pH findes i litteraturen.
Komplexering	Komplekdannelse 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 komplekdannelse vurderes)
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Nikkel, nikkelcarbonat, nikkelcarbonyl, nikkeldihydroxid, nikkeldioxid, nikkelmonoxid, nikkelsulfat og nikkelsulfid er klassificeret som "kræftfremkaldende". Nikkelcarbonat, nikkeldihydroxid og nikkelsulfat er endvidere klassificeret som "sundhedsskadeligt".

Reference:

Kemiske stoffers opførsel i jord og grundvand: Bind 2. Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen, nr. 20, 1996



## **Bilag 2**

Detailbeskrivelse af anvendte produkter

Tilsætningsstof/binder	Komponenter i binder	Hærder
Harpiks og olier		
Karbamid-furan eller phenolformaldehyd og formaldehyd	karbamid, formaldehyd og furfurylalkohol eller phenol	phosphorsyre eller paratoluensulfonsyre (PTS)

**Tabel 2.1** Kemikalier der anvendes til blanding af kemisk bundet formsand, systematiseret /12/

Kernetype	Binder	Komponenter i binder	Hærder/katalysator
Coldbox	1: benzylether harpiks 2: polyisocyanatforbindelse  begge bindere er forpolymerisater, opløst i organisk opløsningsmiddel. (aromatiske kulbrinter)	methylenbisphenyl-diisocyanat (MDI)	triethylamin eller dimethylethylamin, der blæses ind i kernen
Phenol og furantype		phenol, formaldehyd karbamid og furfurylalkohol	paratoluensulfonsyre (PTS-syre) eller phosphorsyre
Vandglas	soda, kvarts		kuldioxid eller estere
Oliesand	Linolie, sojaolie		
Hotbox	phenol-furan	phenol formaldehyd furfurylalkohol	ammoniumsalt, syre

**Tabel 2.2** Forskellige kernetyper, kemiske tilsætningsstoffer. Der findes ca. 40 forskellige furanbindere, men her er vist det mest almindelige indhold i binderen

Metal	Total indhold (mg/kg)
Chrom, Cr	200
Nikkel, Ni	330
Kobber, Cu	37 105
Bly, Pb	350 40

**Tabel 2.3** Indhold af metaller i kupolovnsslagger /9/

<b>Parameter</b>	<b>Koncentration mg/kg</b>
Aluminium, Al	12.200
Arsen, Ar	<50
Bly, Pb	62.000
Cadmium, Cd	470
Calcium, Ca	20.000
Crom, Cr	150
Jern, Fe	67.000
Kalium, K	10.270
Kobber, Cu	1.000
Magnesium, Mg	3.100
Mangan, Mn	34.000
Molybdæn, Mo	30
Natrium, Na	5.730
Nikkel, Ni	57
Selen, Se	<50
Zink, Zn	194.000
COD	128.000
Total CC14 ekstraherbart stof	89.000

**Tabel 2.4** Indhold i tørret kupolovnsslam af udvalgte komponenter /11/.