

Branchebeskrivelse for beton- og cementvarefabrikker

Teknik og Administration
Nr. 1 2004

Indholdsfortegnelse

1.	Indledning	3
2.	Sammenfatning	5
3.	Generel beskrivelse af branchen	9
3.1	Branchedefinition og afgrænsning	9
3.2	Lovgivning	10
3.2.1	Historisk lovgivning	10
3.2.2	Gældende lovgivning	11
3.3	Brancheorganisation	12
3.4	Branchens strukturelle udvikling	13
3.4.1	Antal virksomheder og beskæftigede	13
3.4.2	Teknologi	13
3.4.3	Anvendte råvarer og hjælpestoffer	16
4.	Processer, teknologi og miljø	21
4.1	Procesbeskrivelse	21
4.2	Virksomhedsindretning	22
4.3	Arbejdsmetoder og miljøbelastning	26
4.3.1	Opbevaring af råvarer	26
4.3.2	Oliering/indsmøring	26
4.3.3	Betonblanding	27
4.3.4	Støbning	27
4.3.5	Rengøring	27
4.3.6	Affald	28
5.	Forureningsrisiko	29
5.1	Oversigt over potentielle forureningskilder	29
5.2	Vurdering af forureningsrisiko	30
5.2.1	Spild og lækage af råvarer	30
5.2.2	Udvaskning af metaller fra armering	32
5.2.3	Lækage på afløbssystemer	32
5.2.4	Opbevaring og knusning af brækage	32
5.2.5	Opbevaring og håndtering af sand og slam	33
5.2.6	Opbevaring og håndtering af olieaffald	33
5.2.7	Olie- og benzintanke	33
5.2.8	Andre aktiviteter	34
6.	Undersøgelser	35
6.1	Historisk redegørelse	35
6.2	Planlægning af fysiske undersøgelser	38
6.2.1	Potentielle forureningskilder	38
6.2.2	Forureningskomponenter	39
6.2.3	Analyseprogrammer	40
6.3	Design af undersøgelsesprogram	42
7.	Afværgeteknikker	45
8.	Litteraturliste	49

Bilag

- Bilag 1** Anvendte stoffer i betonbranchen
- Bilag 2** Datablade for udvalgte stoffer
- Bilag 3** Oversigt over anvendte råvarer
- Bilag 4** Erfaringer fra tidligere undersøgelser
- Bilag 5** Metodebeskrivelser

1. Indledning

Forord

Erfaringer fra de seneste års undersøgelser af jord- og grundvandsforureninger på beton- og cementvarefabrikker viser, at der hersker usikkerhed om, hvilke forureningskilder og hvilke forureningskomponenter der typisk kan forekomme på disse virksomheder.

Formålet med denne branchebeskrivelse er derfor at give en generel introduktion til branchen og dens miljøforhold med særlig fokus på risikoen for forurening af jord- og grundvandsmiljøet. Branchebeskrivelsen skal, som supplement til Miljøstyrelsens vejledninger, tjene som opslagsværk i forbindelse med undersøgelse og kortlægning af disse virksomheder. Det er således håbet, at branchebeskrivelsen vil støtte og målrette amternes arbejde med at lokalisere, undersøge og eventuelt afværge miljørisici fra forureninger opstået som følge af aktiviteterne i denne branche.

Branchebeskrivelsen for beton- og cementvarefabrikker er udarbejdet af Rambøll for Amternes Videncenter for Jordforurening. Branchebeskrivelsen er blevet til i et samarbejde med en følgegruppe med deltagelse af:

- Ane-Marie Westergaard, Vestsjællands Amt
- Flemming Møller Jørgensen, Ringkøbing Amt
- Bo Alslev, Fyns Amt
- Arne Rokkjær, Amternes Videncenter for Jordforurening
- Charlotte Weber, Amternes Videncenter for Jordforurening.

Læsevejledning

I denne branchebeskrivelse er der foretaget en systematisk gennemgang af branchens teknologiske udvikling, dens anvendelse af kemiske stoffer og produkter og dens mulige belastninger af jord- og grundvandsmiljøet. Med afsæt i denne gennemgang giver branchebeskrivelsen anbefalinger til den praktiske tilgang til undersøgelse og kortlægning af beton- og cementvarefabrikker.

Indholdet af de enkelte afsnit fremgår af nedenstående:

- Kapitel 2: Sammenfatning af branchens produktions- og miljøforhold. Anbefalinger til undersøgelsesstrategier.
- Kapitel 3: Beskrivelse af branchen og dens strukturelle udvikling. Lovgivningens miljøregulering af branchen og en oversigtsmæssig gennemgang af branchens teknologiske udvikling.
- Kapitel 4: Beskrivelse af virksomhedernes indretning og arbejdsprocesser til forskellig tid. Gennemgang af mulige miljøbelastninger fra arbejdsprocesserne. Som supplement til kapitel 4 er der i bilag 1 opstillet en liste over kemiske komponenter, som anvendes på beton-

og cementvarefabrikker. I bilag 3 findes en kort oversigt over, i hvilke råvarer de enkelt komponenter findes.

- Kapitel 5: Potentielle kilder til forurening af jord og grundvand fra branchens aktiviteter. Kapitlet beskriver, hvordan forureningerne kan opstå, hvilke kemiske komponenter der kan være tale om, og hvordan de typisk vil spredes i miljøet. I fortsættelse af kapitel 5 er der i bilag 2 vedlagt datablade for de stoffer, som forventes at være de mest relevante i forhold til branchens belastning af jord og grundvand. Databladene indeholder oplysninger om stoffernes toksikologi og fysisk-kemiske data.
- Kapitel 6: Gode råd om den praktiske tilrettelæggelse af undersøgelser. Kapitlet giver råd og vejledning om tilrettelæggelse af såvel historiske undersøgelser som feltundersøgelser. Kapitlet kommer med anbefalinger til både prøvetagningsmetoder og analyseprogrammer. Som supplement til kapitel 6 er der i bilag 4 redegjort for hidtidige undersøgelseserfaringer. Bilag 5 indeholder nærmere beskrivelse af de undersøgelsesmetoder, som anbefales anvendt ved undersøgelser på beton- og cementvarefabrikker.
- Kapitel 7: Kapitlet indeholder en oversigt over afværgeteknikker med særlig relevans for de jord- og grundvandsforureninger, som forekommer fra beton- og cementvarefabrikker. Kapitlet indeholder også forslag til litteratur, som kan være nyttig, når man planlægger afværgeforanstaltninger på virksomheder i denne branche.

2. Sammenfatning

Branchedefinition og afgrænsning

Denne branchebeskrivelse beskriver produktion af fabriksbeton, betonvarer, betonelementer og letbetonelementer. Ofte er disse produkttyper blot opdelt i fabriksbeton, der er færdigblandet beton, der køres til byggepladser inden støbning og betonvarer/elementer, hvor støbningen sker på virksomheden.

Beton- og cementvarefabrikker er i dag reguleret af Miljøbeskyttelsesloven og den tilhørende Godkendelsesbekendtgørelse om godkendelse af listevirksomhed. Cementstøberier, betonstøberier og betonblanderier med en produktion på mere end 20.000 tons pr. år er godkendelsespligtige, mens cementstøberier, mv. med en produktion mindre end 20.000 ton pr. år er anmeldeligt virksomme. Kommunerne er tilsynsmyndighed for beton- og cementvarefabrikker.

Branchens strukturelle udvikling

Den første danske betonvarefabrik, der producerede betontagsten, blev anlagt i 1884. I 1926 startede fabrikation og levering af beton blandet på fabrik (benævnes i dag fabriksbeton). I 1930'erne begyndte den første industrielle produktion af betonelementer i form af trapelementer på enkelte betonvarefabrikker, og i 1948 etableredes den første egentlige betonelementfabrik med produktion af væg- og dækelementer mv. til byggeriet /21/.

Brugen af beton tog særlig fart efter anden verdenskrig, da de store årgange skulle have boliger, og de traditionelle håndværk ikke kunne følge med behovet. Byggeriet blev industrialiseret med udbredt anvendelse af betonelementer og fabriksbeton /7/.

Processer, teknologi og miljøbelastning

Produktionen af beton foregår i princippet ved, at tilslagsmaterialerne (sand, sten og grus) blandes med vand, cement og tilsætningsstoffer i en fritfalds-, tvangs- eller kontinuerlig blander. Efterhånden er anvendelse af tilsætningsstoffer til forbedring af betonens egenskaber, alt efter anvendelse, blevet mere udbredt.

Doseringsmængden af de enkelte fraktioner i betonblandingen er defineret i en blanderecept, som er afhængig af, hvad den producerede beton skal bruges til.

Efter dosering og blanding af betonen findes to muligheder for viderebehandling. Enten leveres betonen som fabriksbeton i en betonkanon direkte til kunden på byggepladsen, eller også føres betonen fra blanderen via transportbånd/-vogn til støbeform, hvor betonen viderebehandles til hhv. betonvarer/betonelementer. Efter støbning afformes det støbte emne og føres til et færdigvarelager, hvor det efter endt hærdetid må udleveres/leveres til kunden.

Til betonproduktion anvendes følgende råvarer:

- Cement
- Mikrosilica
- Flyveaske
- Organiske olier samt mineralske olier
- Primære hjælpestoffer
 - Plastificerere
 - Retardere
 - Acceleratorer
 - Luftindblandingsstoffer.

Desuden findes en række sekundære tilsætningsstoffer, der anvendes ved fremstilling af særlige betontyper og kun i små mængder.

Den største risiko for forurening fra beton- og cementvarefabrikker stammer fra steder med olieoplag eller oliehandling samt forurening med tungmetaller særligt fra flyveaske, herunder både overfladeforurening samt grundvandspåvirkning med chrom(VI).

Strategi for kortlægningsundersøgelser frem til vidensniveau 2

Ved en kortlægningsundersøgelse frem til vidensniveau 2 på en beton- og cementvarefabrik anbefales følgende elementer at indgå i undersøgelsesstrategien:

- Historisk kortlægning
- Fysiske undersøgelser, herunder:
 - Prøvetagning af jord og grundvand
 - Felt- og laboratorieanalyser af jord- og grundvandsprøver
- Vurdering af analyseresultater i relation til relevante kvalitetskriterier
- Orienterende risikovurdering.

Det anbefales, at følgende forureningskilder **altid medtages** i en kortlægningsundersøgelse frem til vidensniveau 2:

- Udendørsoplag af råvarer
- Oplag af slam
- Olieudskillere og tilhørende sandfang
- Steder, hvor der sker oliering af forme og betonbiler
- Udendørsarealer, hvor der sker blanding af råvarer
- Oplag af olieaffald
- Nedgravede tanke
- Påfyldningsplads for både underjordiske og overjordiske tanke

Undersøgelserprogram

Standardprogrammet, gældende beton- og cementvarefabrikker, anbefales at indeholde følgende akkrediterede laboratorieanalyser:

- Udvalgte jordprøver for:
 - totalindhold af kulbrinter ved GC-FID
 - tungmetaller ved ICP eller AAS.

- Grundvandsprøver for:
 - totalindhold af kulbrinter og BTEX ved GC-FID og GC-MS
 - total chrom og chrom(VI) ved ICP/spektrofotometri.

3. Generel beskrivelse af branchen

3.1 Branchedefinition og afgrænsning

Betonbranchen består af mange produktionssteder af varierende størrelse og en bred vifte af forskellige produkter med beton som fællesnævner.

Betonbranchen defineres i denne sammenhæng som producenter af:

- Fabriksbeton
- Betonvarer
- Betonelementer
- Letbetonelementer.

I nærværende branchebeskrivelse fokuseres der altså på steder med produktion af beton. Således defineret indgår producenter af cement, delmaterialer og tilsetningsstoffer til brug i betonproduktion ikke i denne branchebeskrivelse.

Fabriksbeton omfatter produktion af beton, der er fremstillet på en stationær fabrik og leveret uhærdet til en byggeplads. Betonen produceres via en dosering og efterfølgende blanding af delmaterialerne.

Den friske beton leveres herefter til byggepladsen i betonkanoner med roterende tromle. På større byggeopgaver etableres der nogen gange produktion direkte på pladsen.

Betonvareproduktion omfatter produktion af beton på stationær fabrik med efterfølgende udstøbning og vibrering i forme. Betonvarerne hærder på fabrikken og leveres på lastvogn til byggepladsen. Betonvareproduktion omfatter emner som rør, kantsten, overliggere, tagsten, brønde, belægningssten m.m.

Betonelementproduktion er sammenlignelig med betonvareproduktion. Dog er elementerne som oftest armeret med enten en slap eller forspændt armering. Elementproduktion omfatter produkter som væg- og facadeelementer, tag- og dækelementer, trappeelementer, bjælke- og søjleelementer, beholderelementer, funderingspæle etc.

Letbetonelementproduktion omfatter produktion på en stationær fabrik af beton med porøse klinker (letklinkebeton) eller af autoklaveret beton (såkaldt porebeton). Letbetonelementproduktion omfatter produkter som dæk-, bjælke- og vægelementer, blokke og lignende.

Beton brugt til letbetonelementer har typisk en densitet på ca. 900 – 1800 kg/m³, mens beton brugt til fabriksbeton, betonvarer og betonelementer har en densitet på ca. 2000 – 2400 kg/m³.

Det skal bemærkes, at de enkelte fabrikker typisk er indrettet til bestemte produktgrupper dvs. færdigbeton, betonvarer, betonelementer eller letbetonelementer.

Med udgangspunkt i Danmarks Statistiks Brancheklassifikation (DB03) vurderes følgende branchekoder primært at være omfattet af branchebeskrivelsen:

Branchekode (DB03)	Branche
26.61.10	Betonvarefabrikker
26.61.20	Betonelementfabrikker
26.63.00	Fremstilling af færdigblandet beton
26.65.00	Fremstilling af fibercementprodukter
26.66.00	Fremstilling af andre beton-, gips- og cementprodukter

Tabel 3.1 Branchekoder for beton- og cementvareindustrien.

I tilknytning til produktionsstederne er der ofte fyringsolietanke til opvarmning samt dieseltanke til gaffeltrucks og lastbiler. Disse tanke udgør stort set altid en risiko for forurening af jord- og grundvand, men er i øvrigt uafhængige af aktiviteterne på produktionsstedet. Olie- og dieseltanke behandles yderligere i kapitlerne 5 og 6.

Mange af produktionsstederne har traditionelt haft eget smede - og tømreværksted. Derudover ses der tilfælde, hvor fabrikkerne er placeret ved grus- eller sandgrave for at mindske transporten af råvarer til fabrikken. Disse grave er ofte senere opfyldt med diverse, eventuelt forurenende, fyldmaterialer. Ingen af disse sidebeskæftigelser behandles yderligere i nærværende branchebeskrivelse.

3.2 Lovgivning

3.2.1 Historisk lovgivning

Godkendelse og anmeldelse

Beton- og cementvarefabrikker har været godkendelsespligtige, siden den første Miljøbeskyttelseslov af 13. juni 1973 trådte i kraft den 1. oktober 1974. I bilaget til loven hører cementstøberier under listekategorien "B5: Udvinning og forarbejdning af kalk, ler, sten, grus, kul og lignende – Cementstøberier og betonblanderier". Godkendelsespligten gjaldt oprindeligt kun for virksomheder, der blev etableret efter Miljøbeskyttelseslovens ikrafttræden samt for udvidelser/ændringer af eksisterende virksomheder, som medførte forøget forurening. For listevirksomheder, etableret før lovens ikrafttræden, kunne der i tilfælde af miljømæssige problemer meddeles påbud om afhjælpende foranstaltninger /39/.

Kommunerne blev ved Miljøbeskyttelseslovens ikrafttræden godkendelses- og tilsynsmyndighed for godkendelsespligtige virksomheder.

I forbindelse med en revidering af Miljøbeskyttelsesloven udarbejdes Bekendtgørelsen nr. 783 af 21. november 1986 om godkendelse af særligt forurenende

virksomheder mv., der trådte i kraft 1. januar 1987. Denne bekendtgørelse fik populærbetegnelsen ”Godkendelsesbekendtgørelsen” og kom til at indeholde listen over godkendelsespligtige virksomhedstyper, der tidligere var at finde som bilag til Miljøbeskyttelsesloven. Listen over godkendelsespligtige virksomhedstyper i den første Godkendelsesbekendtgørelse blev revideret i forhold til listen i Miljøbeskyttelsesloven, men beton- og cementvarefabrikker forbliver i samme kategori som i listen fra 1974.

Miljøbeskyttelsesloven fik mindre revisioner i årene mellem 1974 og 1990, men fik i 1990-91 en omfattende revision med den anden Miljøreform, hvor der blev foretaget væsentlige ændringer, herunder af miljøgodkendelsessystemet. Den tilhørende Godkendelsesbekendtgørelse nr. 794 af 9. december 1991 om godkendelse af listevirksomhed trådte i kraft 1. januar 1992.

Beton- og cementvarefabrikker med en minimumsproduktion på 20.000 ton pr. år blev fra 1992 fastholdt som godkendelsespligtig virksomhedstype, men kom under listekategorien ”B2: Forarbejdning af visse råstoffer mv. – Cementstøberier, betonstøberier og betonblandier med en produktion på mere end 20.000 ton pr. år.” Beton- og cementvarefabrikker med en produktion mindre end 20.000 ton pr. år blev i stedet anmeldepligtige virksomheder i henhold til bekendtgørelse nr. 367 af 10. maj 1992 om anden virksomhed end listevirksomhed.

Beton- og cementvarevirksomheder, der var etableret før den første Miljøbeskyttelseslov i 1974, fik, med Bekendtgørelse nr. 532 af 20. juni 1992 om indkaldelse af ansøgninger om godkendelse fra bestående listevirksomheder, frist til 1. januar 2000 til at indgive en ansøgning om en samlet miljøgodkendelse, således at virksomhedens samlede aktiviteter er inkluderet i miljøgodkendelsen og ikke som tidligere kun enkelte godkendelsespligtige aktiviteter.

Spildevand

Før 1991 skulle alle virksomheder, der ønskede at udlede spildevand direkte til recipienten, ansøge myndighederne om udledningstilladelse. Fra 1991 blev virksomhederne i henhold til Miljøbeskyttelseslovens kapitel 4 desuden også pligtige til at ansøge kommunerne om tilladelse til at udlede spildevand til offentlig kloak efter kapitel 4 i loven.

3.2.2 Gældende lovgivning

Godkendelse og anmeldelse

Kravene, til hvornår beton- og cementvarefabrikker skal indgive miljøgodkendelse eller anmeldelse, er ikke ændret siden de ovennævnte bekendtgørelser fra 1992 og til nuværende Godkendelsesbekendtgørelse nr. 652 af 3. juli 2003. Kommunerne er fortsat tilsynsmyndighed med beton- og cementvarefabrikker.

Spildevand

Der skal indhentes tilladelser til udledning i offentlig kloak efter kapitel 4 i Miljøbeskyttelsesloven (lov nr. 753 af 25. august 2001 med senere ændringer) udmøntet i Spildevandsbekendtgørelsen nr. 501 af 21. juni 1999.

Affald

I henhold til Affaldsbekendtgørelsen nr. 619 af 27. juni 2000 (med senere ændringer) er virksomhederne pligtige til at bortskaffe alle typer affald i henhold kommunens anvisninger for affaldshåndtering. Godkendelses- og anmeldeligt virksomheder skal i henhold til samme bekendtgørelse føre register over deres affaldsproduktion herunder fraktion, art, mængde, sammensætning af det producerede affald og indhold af visse miljøbelastende stoffer.

3.3 Brancheorganisation

Betonbranchen er organiseret i en række foreninger og fraktioner, se nedenstående diagram:



Figur 3.1 Betonbranchens organisationer /5/.

3.4 Branchens strukturelle udvikling

Betonens anvendelse og udbredelse hænger nøje sammen med cementproduktions industrialisering og udviklingen af hhv. slapt armeret beton (ikke spændt armering) og spændbeton (beton med spændt armering).

Den industrielle betonproduktion udvikledes tidligt i Danmark. Den første danske betonvarefabrik, der producerede betontagsten, blev således anlagt i Fåborg i 1884. K. Hindhede begyndte i 1926, som den første i verden, fabrikation og levering af beton blandet på fabrik (benævnes i dag fabriksbeton) /6/. I 1930'erne begyndte den første industrielle produktion af betonelementer i form af trapelelementer på enkelte betonvarefabrikker. I 1948 etableredes den første egentlige betonelementfabrik med produktion af væg- og dækelementer mv. til byggeriet /21/.

Brugen af beton tog særlig fart efter anden verdenskrig, da de store årgange skulle have boliger, og de traditionelle håndværk ikke kunne følge med behovet. Byggeriet blev industrialiseret med udbredt anvendelse af betonelementer og fabriksbeton /7/.

I 1991 producerede branchen ca. 7 mio. ton færdigvarer /14/. I den efterfølgende periode er den producerede betonmængde øget, fabriksbeton alene producerede i 2003 ca. 2,2 mio. m³ beton /16/, hvilket svarer til ca. 4,8 mio. ton beton (densitet 2,2 ton/m³). Dette svarer til en produktionsforøgelse på ca. 19 % i forhold til 1991 /14/.

I 1991 producerede fabriksbeton ca. 56 % af den samlede produktion i branchen. Hvis forholdet i 2003 antages at være det samme, svarer det til en samlet produktion i branchen på ca. 8,6 mio. ton beton.

Med denne produktionsmængde vil selv blot en lille mængde miljøfarlige stoffer pr. produceret enhed give en stor samlet belastning.

3.4.1 Antal virksomheder

I 2001 fandtes der ca. 320 produktionssteder tilknyttet branchen /15/. Antallet af produktionssteder er reduceret noget i takt med stigende krav til de producerede emner, herunder certificering iht. gældende standarder med akkrediteret tredjepartsordninger. I 1973 var der således ca. 435 produktionssteder, mens der i perioden 1991-1993 var ca. 360 producenter.

3.4.2 Teknologi

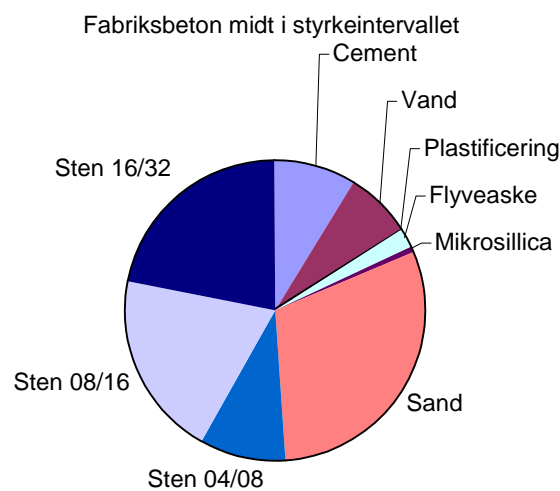
Produktionen af beton foregår i princippet ved, at tilslagsmaterialerne (sand, sten og grus) blandes med vand, cement og tilsætningsstoffer/additiver i en fritfalds-, tvangs- eller kontinuerlig blander.

I fritfaldsblanderer er det selve blandertromlen, som roterer, hvorved tilslagsmaterialer, vand, cement og additiver blandes.

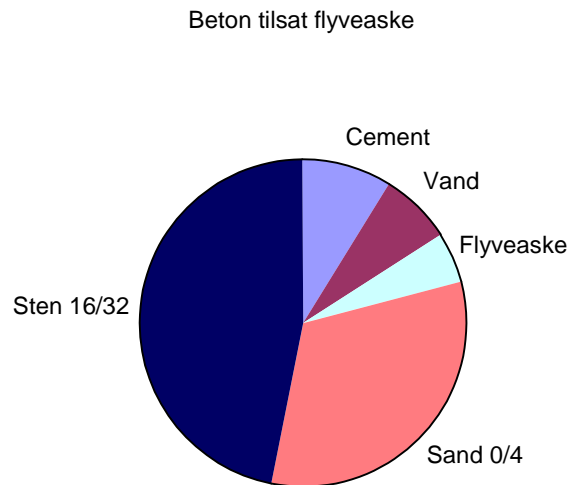
I tvangsblenderen er princippet et faststående blandekammer, hvor tilslagsmaterialer, vand, cement og additiver tvangsblendes vha. roterende arme.

Den kontinuerlige blander består af et lukket skråtstillet rør, hvori en snække (snegl) roterer. Materialerne kommer til på forskellige steder i røret, og blandingen sker efterhånden, som materialerne bringes frem gennem røret af snekken.

Doseringsmængden af de enkelte fraktioner i betonblandingen er defineret i en blanderecept, som er afhængig af, hvad den producerede beton skal bruges til. Betonens sammensætning er tilpasset, således at det enkelte produkt opnår bedst mulige egenskaber iht. produktets funktion. I figur 3.2 og 3.3 ses to eksempler på blanderecepter for hhv. en typisk fabriksbeton midt i styrkeintervallet /22/ og en beton tilsat flyveaske /6/.



Figur 3.2 Eksempel på sammensætning af en fabriksbeton.



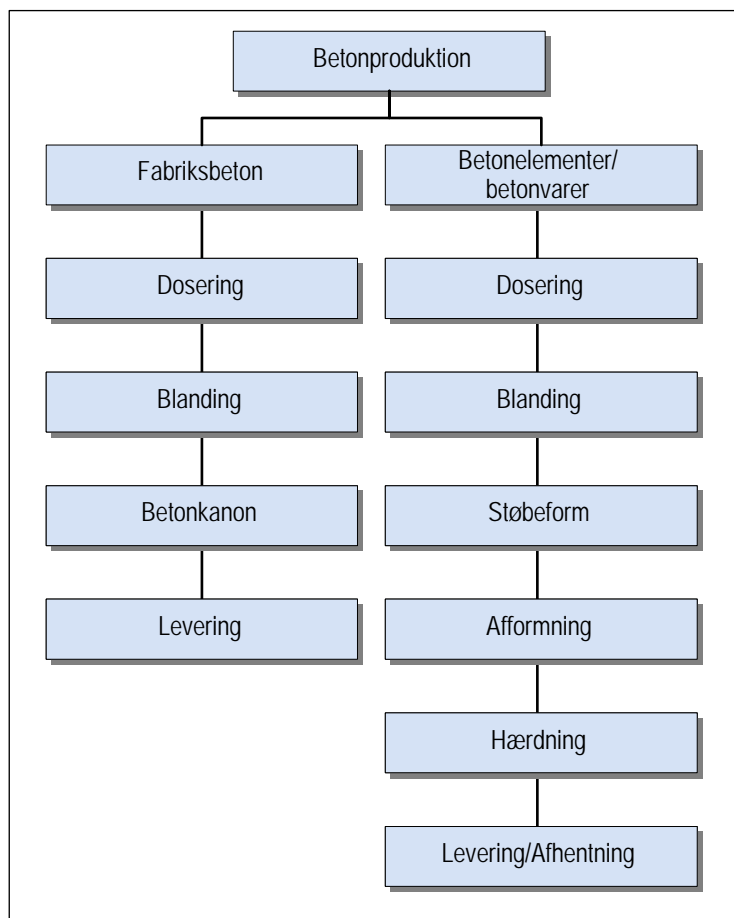
Figur 3.3 Eksempel på sammensætningen af en beton tilsat flyveaske.

Efter dosering og blanding af betonen er der i princippet to muligheder. Enten leveres betonen som fabriksbeton i betonkanon direkte til kunden på byggepladsen, eller også føres betonen fra blanderen via transportbånd/-vogn til støbeform, hvor betonen viderebearbejdes til hhv. betonvarer/betonelementer. Efter støbning afformes det støbte emne og føres til færdigvarelager, hvor det efter endt hærdetid må udleveres/leveres til kunden.

Hærdetid er den tid, et givet betonprodukt skal bruge for at opnå tilstrækkelig styrke, defineret i gældende standarder. Temperaturen har stor indflydelse på hærdetiden. Specielt lav temperatur forlænger hærdetiden væsentligt.

På nogle produktionssteder bruger man hærdekamre, hvor man vha. øget temperatur og luftfugtighed kan fremskynde betonens hærdeproces. Herved opnås væsentlig reduceret hærdetid.

Med udgangspunkt i ovennævnte beskrivelse kan produktionsprocessen for hhv. fabriksbeton og betonelementer/betonvarer opstilles skematisk (se figur 3.4).



Figur 3.4 Oversigt over produktion af betonvarer.

3.4.3 Anvendte råvarer og hjælpestoffer

I takt med stigende industrialisering af betonproduktionen og øget fokus på affaldsstoffer fra anden produktion er brugen af tilsætningsstoffer ud over tilslagsmaterialer, vand og cement øget kraftigt over de sidste 30 år. bl.a. har flyveaske været fast ingrediens i betonproduktion siden slutningen af 70'erne /8/.

Nedenfor gennemgås kort de oftest brugte råvarer i betonen med henblik på egenskaber, kemisk sammensætning og effekt på betonen. Hvis muligt angives desuden en ca. doseringsmængde samt tidspunkt for ibrugtagning/udvikling. Dog ses der bort fra materialerne vand og tilslag (sand, sten, grus m.m.), da disse er naturligt forekommende materialer, som leveres til produktionsstedet uden yderligere behandling. Eksempler på råvarernes kemiske sammensætning er givet i bilag 3.

- Cement er et pulverformigt bindemiddel, der hærdner ved reaktion med vand til et produkt, der er bestandigt i vand. Cement fremstilles af sand, kridt, og mindre mængder flyveaske og gips. Først brændes sand, kridt og flyveaske til klinker. Herefter formales disse til cement under tilsætning af få procent

gips. Den kemiske sammensætning af klinkerne ligger inden for et forholdsvis snævert variationsområde. Men selv inden for dette område kan små variationer føre til temmelig store udsving i klinkermineralsammensætningen. Indholdet i klinkerne består primært af calciumsilikater, men indeholder også silicium, aluminium og jern (herunder vandopløseligt $\text{Cr}^{+6} < 2 \text{ mg/kg cement}$ /9/). Cement er et basisk materiale. Doseringsmængden er ca. 200 – 400 kg cement/ m^3 beton /6/.

Dansk Portlandcement produceres industrielt fra 1852 /21/.

- Mikrosilica har bindemiddelegenskaber som cement, derfor kan silicaen til en hvis grad benyttes som substitut for cement. Mikrosilica er et restprodukt fra fremstilling af siliciummetal, bl.a. ferrosilicium /10/.

Mikrosilica har været benyttet siden starten af 1970'erne /24/.

- Flyveaske har bindemiddelegenskaber som cement, derfor kan asken til en hvis grad benyttes som substitut for cement. Flyveaske fra kulfyrede danske kraftværker består hovedsageligt af aluminiumsilikatglas og kan desuden indeholde spor af diverse metaller, f.eks. bly, chrom, nikkel og vanadium /8/. Flyveasken tilsættes normalt svarende til en dosering på 2 - 3 % af den samlede vægt i den pågældende blanding /14/. I fig. 3.3 er flyveaskedoseringen ca. 5 %, men her er der tale om en specialbeton.

Som nævnt tidligere har flyveaske været fast ingrediens i betonproduktion siden slutningen af 70'erne. I 2002 blev der anvendt knap 300.000 tons flyveaske i beton /30/.

- Organiske olier samt mineralske olier både med og uden tilsætningsstoffer bruges under forskellige dele af produktionsprocessen som slipmiddel, dvs. for at lette afformningen af de støbte emner samt slutrengøringen af produktionsudstyr. Forbruget af formolie svarer ca. til 25-75 m^2 formoverflade pr. liter. Forbruget er mindst ved påsprøjtning og størst ved påsmøring /6/.

Olie har været brugt til smøring af forme siden industriens opståen.

Efterfølgende gennemgås primære tilsætningsstoffer, der kun udgør få procent af betonen.

- Plastificering/superplastificering virker dispergerende, dvs. de virker som smøremidler. Herved opnås gode flydeegenskaber for betonen. Superplastificering benyttes bl.a. i beton til støbning under vand for at undgå udvaskning af cement /6/. Plastificeringsstoffer findes normalt i gruppen lignosulfonater (restprodukt fra celluloseindustrien /10/). Doseringsmængden er normalt $\leq 1 \%$ af den samlede vægt af cement og flyveaske /17/.

Udviklingen af plastificering begyndte i starten af 1930'erne /24/.

- Retardere er uorganiske eller organiske stoffer, der tilsættes beton under blandingen med det formål at forsinke afbindingen og/eller den tidlige hærkning af cementen. Typisk benyttes der lignosulfonater (organisk) eller fosfater (uorganisk) /6, 12, 13/. Doseringsmængden er normalt $\leq 2\%$ af den samlede vægt af cement og flyveaske /17/.

Udviklingen af retardere begyndte i slutningen af 1930'erne /24/.

- Acceleratorer er stoffer, der kan fremskynde afbindingen og/eller den tidlige hærkning af cement i en friskblandet beton, hvorved reaktionsvarme og -styrke udvikles hastigere. Calciumsalte (calciumchlorid) er den langt mest anvendte, billigste og mest effektive accelerator, som benyttes i ikke armerede betonprodukter. I armerede betonprodukter er de mest anvendte acceleratorer organiske stoffer, såsom myresyresalte (formater). Doseringsmængden er ca. $0,5 - 2,5\%$ af den samlede vægt af cement og flyveaske /6/.

Udviklingen af acceleratorer begyndte i slutningen af 1930'erne /24/.

- Luftindblandingsstoffer tilsættes beton først og fremmest med det formål at bibringe den hærdnede beton en mikroporeluftstruktur, der kan gøre beton frostbestandig. Luftindblandingsstoffer er normalt organiske forbindelser (tensider) /12, 13/. Doseringsmængden er normalt $\leq 1\%$ af den samlede vægt af cement og flyveaske. Udviklingen af luftindblandingsstoffer begyndte i slutningen af 1930'erne /24/.

Desuden findes en række sekundære tilsætningsstoffer, der anvendes i små mængder ved fremstilling af særlige betontyper. Disse omfatter:

- Frysepunktssænkende
- Ekspanderende
- Vandafvisende
- Permeabilitetsreducerende
- Pumpeforbedrende
- Alkali-kisel reaktionsreducerende
- Korrosionsreducerende
- Svampedræbende
- Skumdæpende
- Gasdannende
- Klæbeforbredrende
- Flokkulerende
- Pigmenter
- Mineralske bindemidler
 - Fillere
 - Bindemidler
 - Puzzolaner.

Komponenterne i de sekundære tilsætningsstoffer er listet i bilag 3, de er dog ikke gennemgået i detaljer, i stedet henvises til /24/.

Doseringsmængden af de forskellige primære tilsætningsstoffer varierer meget afhængigt af, hvilken type beton der produceres. Doseringsintervallet for det enkelte tilsætningsstof ligger fra ≤ 1 % til ca. 2,5 % af vægten af cement og flyveaske.

Med udgangspunkt i den recept, der er vist i figur 3.2, betyder det for de fleste tilsætningsstoffer, at indholdet ligger i intervallet 0,1 - 0,2 % af betonvægten.

Selvom mange af tilsætningsstofferne er udviklet i 1930'erne, er det først i 1970'erne, at forbruget af tilsætningsstoffer blev væsentligt øget. I perioden fra 1973 – 1978 er forbruget af tilsætningsstoffer i Danmark således tredoblet trods næsten uændret cementforbrug /24/.

PCB (PolyChlorede Biphenyler) har frem til slutningen af 1970'erne været benyttet i byggeindustrien men primært som tilsætningsstof til facadepuds og fugemasser til udvendig brug //25, 26//. Disse produktgrupper falder uden for afgrænsningen af nærværende branchebeskrivelse, derfor behandles PCB ikke yderligere.

For yderligere oplysninger vedrørende tilsætningsstoffer henvises der til bilag 3.

4. Processer, teknologi og miljø

4.1 Procesbeskrivelse

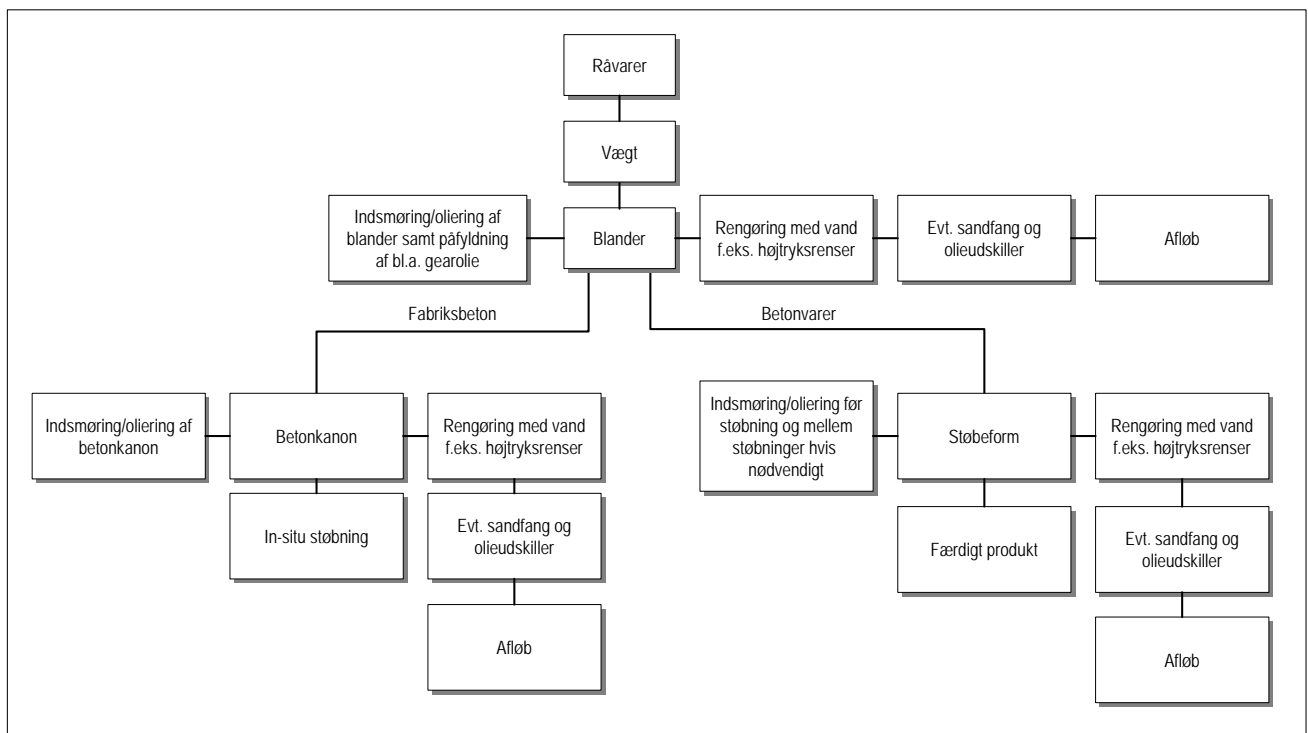
Fremstillingsprocessen af beton er principielt ens for alle typer betonproduktion. Det er umiddelbart efter blandecyklen, at forskellene ligger. Fabriksbetonproduktion har få trin i processen, mens betonvare-, betonelement- og letbetonelementproduktion har flere trin i processen.

Der beskrives i dette kapitel to processer i detaljer:

- Fabriksbetonproduktion
- Betonvareproduktion.

hvor betonvareproduktion tillige repræsenterer elementproduktion.

Fremstilling af betonprodukter omfatter en meget præcis dosering af alle bestanddelene i en forudbestemt recept, som herefter blandes til beton. Se nedenstående diagram.



Figur 4.1 Blandeprocesser for beton.

Afhængig af størrelsen på betonværket (produktion af fabriksbeton) er der flere betonkanoner/-biler tilknyttet. Det vil sige, at antallet af klargøringer/rengøringer varierer kraftigt.

Afhængig af størrelsen på produktionsstedet (betonelementer og betonvarer) er der flere blandestationer og støbeforme i brug samtidigt. Det vil sige, at antallet af indsmøringer og rengøringer varierer.

4.2 Virksomhedsindretning

Den nøjagtige indretning af et konkret produktionssted afhænger bl.a. af størrelsen og produkttyper. Mange af produktionsstederne for fabriksbeton er dog rimelige ens, hvorimod mange af produktionsstederne for hhv. betonvarer og betonelementer ofte er vokset med opgaverne, det vil sige, at der sjældent er to, der er ens. Selve udformningen af blandestationen samt opbevaringen af tilsætningsstoffer/additiver er dog i store træk ens for alle typer produktionssteder.

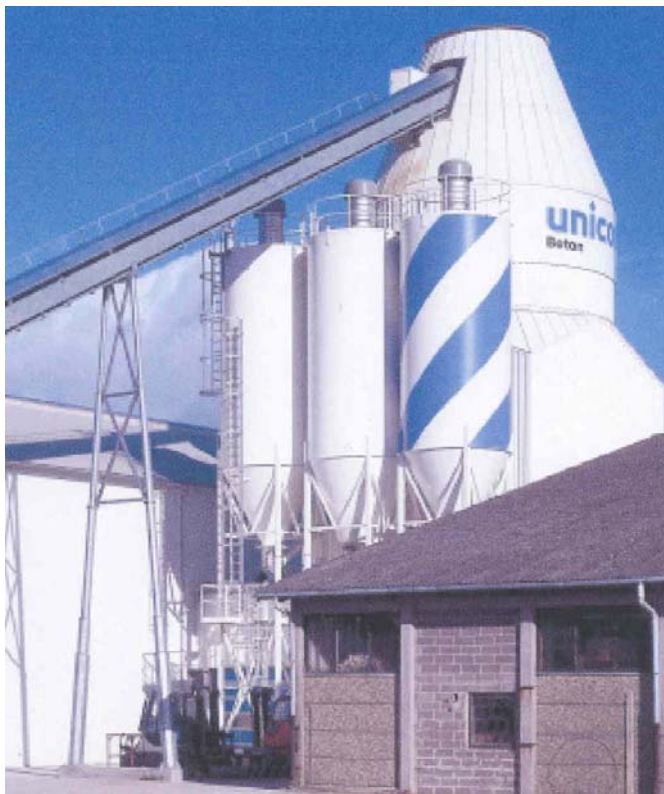
Antallet af blandestationer på de enkelte produktionssteder kan dog variere meget.



Figur 4.2 Eksempel på produktionssted til fabriksbeton /27/.



Figur 4.3 Eksempel på betonvarefabrik med lagerplads, produktionshal og blandestation /41/.



Figur 4.4 Eksempel på blandestation på betonvarefabrik /28/. Det skrå transportbånd bruges til transport af tilslagsmaterialer til indvendige siloer. De tre forreste siloer bruges til cement og flyveaske.



Figur 4.5 Eksempel på fuldautomatisk rørmaskine placeret i produktionshal /41/.



Figur 4.6 Eksempel på blandestationer /28/.



Figur 4.7 Eksempel på betonvarefabrik med flere blandestationer og produktionshaller /29/.

4.3 Arbejdsmetoder og miljøbelastning

Med udgangspunkt i diagrammet i figur 4.1 beskrives i de følgende afsnit de enkelte delprocesser samt den dertil relaterede miljøbelastning.

4.3.1 Opbevaring af råvarer

På produktionsstederne modtages, cement, flyveaske, additiver m.m. på tilnærmelsesvis samme måde, se nedenstående tabel.

Råvarer	Form	Emballage
Hovedråvarer:		
Cement	Fast	I silo
Mikrosilica	Fast/Flydende	Tromle, palletank, silo, afhænger af forbruget
Flyveaske	Fast	I silo under tryk
Organisk-/mineralskolie, til produktionsformål	Flydende	Dunk, tromle, palletank, over-/underjordiske tanke, afhænger af forbruget
Additiver:		
Retardere	Flydende	Tromle, palletank, afhænger af forbruget
Plastificering	Flydende	Tromle, palletank, afhænger af forbruget
Acceleratorer	Flydende	Tromle, palletank, afhænger af forbruget
Luftblandingsstoffer	Flydende	Tromle, palletank, afhænger af forbruget
Andet:		
Armeringsstål	Fast	Lige længder, præfabrikerede armeringsnet

Tabel 4.1 Angivelse af form og emballage af råvarer.

Forureningsrisikoen er afhængig af, hvad der har været fremstillet og den orden og renlighed, der har været på det enkelte produktionssted. Generelt vurderes miljøbelastninger forårsaget af utætheder i tanke, emballagen, spild ved leverance og aftapning, utætheder i gulve og belægninger at være de oftest forekomne.

4.3.2 Oliering/indsmøring

Blander, støbeform og betonkanon påføres olie inden brug for at lette den efterfølgende rengøringsprocedure. Olien påføres f.eks. med håndsprøjter, hvor olien fordeles på emnet i et tyndt lag. Indsmøringen gentages efter behov.

For blander foregår indsmøringen som oftest på fast/tæt underlag, så evt. spild vil kunne opsamles. Der vurderes derfor ikke at være en væsentlig miljøbelastning forbundet med indsmøringen af disse.

For støbeforme og betonkanoner foregår indsmøringen både inden- og uden-dørs. Hvis det ikke foregår på et fast/tæt underlag med mulighed for opsamling af spild, vil der være risiko for punktvis miljøbelastning disse steder.

4.3.3 Betonblanding

Selve blandingen af betonen foregår i dag i princippet i et lukket system. De benyttede materialer (tilslag, cement, flyveaske m.m.) ledes fra beholder via rørsystem til afvejning på vægt, før det lukkes ind i blanderen. Når alle materialer er afvejet og ført til blander, blandes der afhængig af blandingens størrelse ca. 1 – 2 min., hvorefter betonen lukkes ud af blanderen.

Tidligere (før 1976) skete afmåling efter rumfang, hvor materialerne blev skovlet i kalibrerede målekasser. Indholdet i kasserne blev derefter fyldt i blandemaskinen /12/.

I forbindelse med afvejning kan der forekomme mindre spild af de enkelte delmaterialer, som ved den efterfølgende rengøring ledes til afløbssystemet, beskrevet nærmere under punktet rengøring.

I forbindelse med tømning af blanderen efter endt blandetid kan der forekomme mindre spild af færdigblandet beton, som efterfølgende størkner/hærder. Det håndteres derfor på samme måde som brækage, beskrevet nærmere under punktet "Affald" i afsnit 4.3.6.

4.3.4 Støbning

I forbindelse med selve støbningen hældes betonen i en olieret og klargjort form.

Er det ude på en byggeplads, dvs. fabriksbeton, så er formen bygget på stedet af træforskalling eller støbekassetter (principielt en forskalling, der kan bruges igen).

Støbes der betonelementer/betonvarer på fabrik, er formen en metal/jernform, som er beregnet til støbning af mange emner.

Overskud af beton fra støbningen kasseres eller bruges til støbning andre steder, hvis muligt.

Spild og ikke genbrugt overskud størkner/hærder som alt andet beton, og håndteres derfor på samme måde som brækage, beskrevet nærmere under punktet affald.

4.3.5 Rengøring

I alle typer betonproduktion er der en fast daglig rengøringsprocedure af blandere, betonkanoner, formudstyr m.m. Denne rengøring foregår ved spuling med vand, som i dag ledes til afløbssystemet, evt. via sandfang, olieudskiller og evt. slam- og neutralisationsbassin. Det må antages, at afvaskning tidligere kan være foregået på ubefæstede arealer.

Afhængig af vaskepladens og afløbssystemets beskaffenhed vil der også her være risiko for en miljøbelastning.

4.3.6 Affald

I alle typer betonproduktion vil den primære affaldskilde være fejlproduktion/brækage (beskadigede produkter). Denne type affald opstår normalt i blanderen ved støbning og håndtering af færdige produkter.

I forbindelse med rengøring af blandere, støbeforme, betonkanoner m.m. samt evt. opgravning fra slamrender og sandfang vil der være en mængde betonholdigt slam.

Brækagen, inkl. slam, opbevares typisk på produktionsstedet indtil det knuses ned til f.eks. vejfyld, og i forbindelse med knusningen frigives der en del betonstøv.

På de fleste produktionssteder vil der også være noget olieholdigt affald. Olieresterne kommer typisk fra udskiftning af f.eks. gear- og hydraulikolier, rester fra indsmøring m.m. Afhængig af håndtering og opbevaring kan det medføre en miljøbelastning.

5. Forureningsrisiko

5.1 Oversigt over potentielle forureningskilder

I kapitel 4 er processer, anvendt teknologi og råvarer samt de potentielle risici for miljøet fra beton- og cementvarefabrikker gennemgået. Det fremgår, at antallet af forureningskilder er forholdsvis begrænset, og at kun få af de anvendte komponenter er almindeligt kendte forureningskomponenter.

I tabel 5.1 er der samlet en oversigt over de anvendte råvarer, færdigvarer og affald. For hver vare er angivet miljøfarlige hovedkomponenter, forekomst i miljøet, samt hvor forureningen kan forekomme. I bilag 3 findes en beskrivelse af indholdet i de anvendte råvaretyper. I bilag 1 findes en opsummering af enkeltkomponenter, der optræder i råvarerne.

	Miljøfarlige hovedkomponenter	Forekomst	Kildetype
Råvarer			
Cement	Spor af Cr ⁶⁺ , MgO, di- og triethanolamin	J(V)	Råvarelager Produktionsted
Mikrosilica	Al ₂ O ₃ , MgO	J	Råvarelager Produktionsted
Flyveaske	Spor af Pb, Cd, Cr (Cr ⁶⁺), Zn, Ni, Cu, Va, Se, Mo, As	J(V)	Råvarelager Produktionsted
Formolier	Olie	VJ(P)	Råvarelager Produktionsted
Tilsætningsstoffer <ul style="list-style-type: none"> • Plastificering • Retardere • Acceleratorer • Luftindblandere • Andre afhængig af produktion 	Thiocyanat, zink, aluminium, naphthalenforbindelser, triethanolamin, formaldehyd, VinsolResin	VJP	Råvarelager Produktionsted
Armeringsstål	Spor af tungmetaller, herunder Si, Mn, Ni	J	Råvarelager
Produkt			
Beton	Ingen	-	-
Affald			
Brækage (knust)	Som flyveaske og cement	J(V)	Oplagringssted, diffust
Slam fra slamrender	Som flyveaske og cement	J(V)	Afløbssystem Oplagringssted, diffust
Sand fra sandfang	Som flyveaske og cement samt olie	VJ	Afløbssystem
Olie	Olie	VJ(P)	Oplagringssted Spild ved håndtering
Andet			
Benzin og dieseltanke	Benzin, olie, BTEX	VJP	Oplagring og påfyldningssteder

Tabel 5.1 Oversigt over forureningskilder og forekomst. V: vand, J: jord, P: poreluft.

Ud over de nævnte komponenter, der er vurderet som relevante i forurenings-sammenhæng, indeholder flere af tilsætningsstofferne også tensider. Det er ikke i kildematerialet specificeret, hvilke tensider der er tale om/ 24/. Det har derfor ikke været muligt at vurdere enkeltkomponenter i disse.

5.2 Vurdering af forureningsrisiko

Generelt er stoffernes fysiske-kemiske egenskaber udgangspunkt for en vurdering af risikoen for at træffe stofferne i henholdsvis jord, grundvand og poreluft. Stoffer med ringe opløselighed, lavt damptryk og kraftig adsorption/bioakkumulering (høj oktanol-vand fordelingskoefficient, stor molvægt og evt. positive ladninger) vil udvise størst tendens til at blive opkoncentreret i jordprofilen frem for at udvaskes til grundvand eller fordampe til poreluften. Omvendt vil stoffer med stor vandopløselighed og ringe adsorption udgøre den største risiko for grundvandskvaliteten, mens stoffer med højt damptryk udgør en risiko for poreluftforurening.

Kulbrinter (olier)

Kulbrinter har generelt en densitet lavere end vands. De vil bevæge sig gennem jordmatricen mod grundvandet pga. udvaskning, tyngdekraft og kapillarkræfter. På vejen vil en del af de flygtige komponenter fordampe til poreluften, en del vil blive opløst i porevandet, en del vil blive sorberet til jordpartiklerne, og en del vil blive fanget af kapillarkræfterne i jordens porer. Ved store spild vil en del af den frie fase nå grundvandet, hvor den vil lægge sig oven på grundvandsspejlet og strømme med grundvandets hydrauliske gradient. Grundvandsforureningens udbredelse begrænses af sorption, fordamning og nedbrydning /33/.

Tungmetaller

Tungmetaller er grundstoffer og kan derfor ikke nedbrydes til uskadelige stoffer. Tungmetaller kan forekomme på forskellige kemiske tilstandsformer, der som følge heraf har forskellig mobilitet og miljøpåvirkning. Tungmetallernes spredning i jordmiljøet er styret af processerne udfældning, sorption, kompleksbinding og redoxprocesser. Generelt kan dog siges, at tungmetaller ofte sorberer kraftigt til jordmatricen og dermed hovedsageligt udgør et jordforureningsproblem. Undtaget herfra er i denne sammenhæng chrom(VI), hvis mobilitet stiger med stigende pH-værdi i porevandet /33/.

5.3 Vurdering af forureningsrisiko

I det følgende afsnit er hovedtyper af kilder til forurening fra beton- og cementvareindustrien beskrevet. Indhold i de forskellige råvaretyper er derimod beskrevet i bilag 3, og datablade for udvalgte af disse stoffer findes i bilag 2.

5.3.1 Spild og lækage af råvarer

Olien, der anvendes til indsmøring, er en tungere olie. Et eventuelt spild eller lækage vil derfor delvis sorbere/klæbe til jordmatricen, men er spildet tilstræk-

keligt stort, vil olien kunne udvaskes, nå grundvandet og vil lægge sig som en hinde ovenpå grundvandet. Olien vil da langsomt blive udvasket i grundvandet. Fuldstændig nedbrydning af tungere oliekomponenter er en langsom proces.

Ved spild af cement, mikrosilica eller flyveaske kan støv/partikler bæres med luften og spredes til et større område. Støvet vil lægge sig på jordoverfladen, hvor det med tiden opblandes i den øverste del af jordprofilet (vækstlaget). Dog kan enkelte komponenter ved større spild udvaskes til grundvandet. Dette gælder især chrom(VI), der er meget mobilt. Chrom findes dog kun som chrom(VI) ved pH over ca. 5 og under oxiderede forhold /33/. Chrom vil ved ændrede forhold f.eks. reducerende forhold, udfælde som chrom(III) /33/. Her skal det bemærkes, at cement netop har høj pH-værdi (ca. 13).

Flyveaske indeholder spor af mange tungmetaller: Bly, chrom, cadmium, kobber, nikkel, vanadium, zink, molybdæn, arsen og selen. Tungmetallers kemiske opførsel er ganske forskellige. Flere af dem har pH- eller redoxafhængig mobilitet, og mange af dem kompleksbindes i jordmatricen. Generelt kan det dog siges, at ingen af disse stoffer er så mobile som chrom(VI).

Mikrosilica indeholder små mængder Al_2O_3 og MgO . Disse komponenter er ikke vandopløselige og vil kunne spredes som støv på lokaliteten og dermed medføre en diffus jordforurening.

Plastificeringsmidler, retardere, acceleratorer og luftindblandingsstoffer indeholder mange forskellige stoffer. Mange af dem er naturlige stoffer og restprodukter fra andre industrier. De komponenter, der her er udpeget som miljøfarlige, er: Zink, aluminium, thiocyanat, naphthalenforbindelser, di- og triethanolamin, formaldehyd samt VinsolResin.

- Thiocyanat er ofte ret vandopløseligt, og derfor vil stoffet let kunne spredes til omgivelserne. Det er negativt ladet og vil derfor ikke sorbere til jordmatricen. Thiocyanat kan danne komplekser med jern og vil give en rød farvning af jord og vand, og kan under areobe forhold mineraliseres til ammonium, sulfat og kuldioxid. Thiocyanat er mindre toksisk end fri cyanid, mens jerncyanider er meget lidt toksiske /33/.
- Naphthalenforbindelser vil i miljøet minde om andre kulbrinter, som findes i olie. Naphthalenforbindelser tilhører gruppen af tungere kulbrinter og vil derfor sorbere forholdsvist kraftigt til jordmatricen.
- Di- og triethanolaminer og formaldehyd er alle meget vandopløselige og vil derfor hurtigt nå grundvandet og spredes videre med dette. Komponenterne er naturligt nedbrydelige.
- VinsolResin er et naturprodukt udvundet fra nåletræer og vurderes at have en harpikslignende konsistens. Det vil derfor kemisk opføre sig som en meget tung olie. Det vil sige at VinsolResin hovedsageligt vil udgøre et jordforureningsproblem.
- Enkelte af de anvendte hjælpestoffer indeholder ikke nærmere definerede tensider. Tensider, eller detergenter, som de også kaldes, er lange organiske kæder med en hydrofil ende f.eks. i form af en syregruppe. Toksiciteten af

tensiderne er meget forskellig, men generelt stiger toksiciteten med længden af den organiske kæde. Siden 1950'erne har der været fokus på nedbrydeligheden af tensiderne, så mange af de ikke nedbrydelige tensider i dag er substitueret med nedbrydelige tensider. Tensider kan opdeles i 3 undergrupper: Kationiske, anioniske og nonioniske tensider. Kationer sorberes kraftigt til jordpartikler som følge af deres ladning, mens de øvrige primært vil være at finde i vandet /35/. De anioniske tensider har lav til moderat bioakkumulerbarhed, de kationiske har lav bioakkumulerbarhed, og de nonioniske har moderat bioakkumulerbarhed //44, 45//.

5.3.2 Udvasning af metaller fra armering

Armeringsstål opbevares ofte på samme lokalitet på produktionsstedet. Hvis opbevaringen sker udendørs, vil der ved nedbør ske korrosion og udvasning af metaller fra armeringsstålet. Det vil naturligvis hovedsageligt være jern, der udvaskes, men eftersom jern indeholder spor af tungmetaller, vil også disse kunne udvaskes. Armeringsstål indeholder ofte silicium, nikkel og mangan. Metallerne fra en sådan udvasning vil sjældent nå grundvandet, og de vil som oftest kun medføre en begrænset overfladenær jordforurening.

5.3.3 Lækage på afløbssystemer

Rengøring efter betonblanding foretages ofte ved højtryksspuling. Afløbsvandet vil tit være olieholdigt og indeholde betonslam. Hovedparten af olien opfanges i sandfang og olieudskillere. Indholdet af betonslam kan gøre afløbsvandet basisk. Derfor findes der på nogle beton- og cementvarefabrikker neutraliseringsanlæg.

Ved lækage på afløbssystemet, herunder også olieudskillere og sandfang, inden rensenhederne, kan der trænge basisk olieholdigt vand ud af systemet, og dette vil strømme til grundvandet. Hvis jorden er kalkholdig, vil pH-værdien i forureningsfanen hurtigt neutraliseres. Herved vil flertallet af tungmetallerne bindes i jordmatricen, mens chrom(VI), som før nævnt, fortsat kan være mobilt. Olieholdigt vand vil derimod nå grundvandet relativt uhindret.

5.3.4 Opbevaring og knusning af brækage

På produktionsstedet opbevares brækage. Dette knuses ofte, så det kan anvendes til andre formål. Ved knusningsprocessen forekommer der støv, som kan deponeres på området. Der kan ske udvasning fra brækage både før og efter knusning.

Tungmetaller i betonen, f.eks. fra flyveaske, kan her være problematisk. Flere organiske tilsætningsstoffer er muligvis også et problem, men dette er ikke tilstrækkeligt undersøgt /19/.

5.3.5 Opbevaring og håndtering af sand og slam

Slam fra slamrender opbevares typisk sammen med brækage. Så længe slammet er vådt, vil vandet i slammet kunne trænge ned i jorden. Dette vand har en høj pH-værdi og vil indeholde rester af tilsætningsstoffer og evt. spor af tungmetaller fra flyveaske og cement.

Slammet tørrer i stil med beton, men eftersom slammet består af fine partikler, er det mere skrøbeligt og bliver let knust til pulver. Herefter vil det let kunne spredes diffust på lokaliteten.

Både sand fra sandfang og betonslam kan indeholde tungmetaller. Hvis opbevaringen sker på et ubefæstet areal, vil tungmetallerne kunne opblandes i de øverste jordlag, og chrom(VI) vil kunne udvaskes til større dybde. I fald materialerne er meget fugtige og ligger opbevaret på samme sted i længere tid, kan det give risiko for en grundvandsforurening.

I sandet fra sandfang vil der yderligere være et vist indhold af oliekomponenter, som også vil kunne udvaskes. Oliekomponenterne vil kunne trænge dybere ned i jorden end tungmetallerne, men vil formentlig, igen alt efter fugtighed og opbevaringstid, hovedsageligt medføre jordforurening og kun i særlige tilfælde grundvandsforurening.

5.3.6 Opbevaring og håndtering af olieaffald

Fra produktionen forekommer der olieaffald fra olieringen, men de største mængder af olie forekommer ved fra udskiftning af olie, herunder gear- og hydraulikolier.

I forbindelse med afløbssystemet findes en olieudskiller. Denne tømmes efter behov af en slamsuger. Eventuelt spild ved tømning eller mangelfuld tømning kan medføre en miljøbelastning.

Generelt vil olieaffaldsprodukterne kunne strømme til grundvandet og vil her lægge sig som en hinde på grundvandsspejlet. Oliekomponenterne vil herefter blive udvasket til grundvandet. Tungere olier, som der her er tale om, nedbrydes kun langsomt.

5.3.7 Olie- og benzintanke

Der findes på fabrikkerne ofte tankanlæg til brændstof til fabrikkens maskiner. Der kan ske forurening med olieprodukter fra disse tanke, enten hvis der er hul i en tank eller ved spild og overløb ved påfyldning eller tankning. Tankene indeholder normalt diesel-/fyringsolie eller benzin. Denne olie vil, som ved tidligere beskrivelse af olie, kunne trænge ned til grundvandet.

5.3.8 Andre aktiviteter

De aktiviteter, som er omtalt herover, vil kunne genfindes på de fleste beton- og cementvarefabrikker. Herudover kan der, som før nævnt, opstå jord- og grundvandsforurening fra andre aktiviteter, som har tilknytning til virksomheden. Der kan eksempelvis have været maskin- eller snedkerværksted til vedligehold af maskiner og forme.

Da cementindustrien ofte er nært knyttet til råstofbranchen, kan beton- og cementvarefabrikker være etableret i direkte tilknytning til den grusgrav, som har leveret stenmaterialerne til betonen. I sådanne tilfælde er der risiko for, at råstofgraven har været anvendt til deponering af affald og/eller overskudsjord.

6. Undersøgelser

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

Ved en kortlægningsundersøgelse frem til vidensniveau 2 på en beton- og cementvarefabrik anbefales følgende elementer at indgå i undersøgelsesstrategien:

- Historisk redegørelse
- Prøvetagning af jord og grundvand
- Felt- og laboratorieanalyser af jord- og grundvandsprøver
- Vurdering af analyseresultater i relation til relevante kvalitetskriterier
- Orienterende risikovurdering.

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

Forureningskortlægningen forestås af amterne i samarbejde med kommunerne, og den skal som udgangspunkt udføres efter retningslinierne i Miljøstyrelsens kortlægningsvejledning /42/. Der er dog væsentlige forskelle i de strategier, som de enkelte amter har valgt at forfølge i tilrettelæggelsen af kortlægningsarbejdet. Eksempelvis kan der være store forskelle i den detaljeringsgrad, som amterne anvender i deres undersøgelser frem til vidensniveau 1. Nogle amter vælger at bruge oplysningerne om virksomhedens placering alene, når de kortlægger på vidensniveau 1. Andre amter går mere i dybden og undersøger virksomhedens indretning, driftsperiode osv., før der foretages kortlægning på vidensniveau 1.

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

6.1 Historisk redegørelse

Inden fysiske kortlægningsundersøgelser frem til vidensniveau 2 påbegyndes, er det vigtigt at få lavet en historisk redegørelse for den aktuelle lokalitet. Dette kan være tidskrævende, men det er nødvendigt for at kunne målrette de tekniske undersøgelser.

Den historiske redegørelse bør resultere i en detaljeret redegørelse for typen og den fysiske placering af potentielle forureningskilder relateret til beton- og cementvareindustrien.

Der findes en lang række kilder, hvor man kan søge oplysninger. En nærmere beskrivelse af de vigtigste kilder fremgår af kortlægningsvejledningen /42/. Derudover findes der i Lossepladsprojektet "Kilder til industrikortlægning" en større samling kildehenvisninger til anvendelse ved litteratursøgning /40/.

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

- Oplysninger om lokalisering af tidligere og nuværende beton- og cementvarefabrikker
- Oplysninger om beton- og cementvareindustrien
- Oplysninger om lokaliteten.

Lokalisering af beton- og cementvarefabrikker

Med henblik på en generel kortlægning indhentes oplysninger om, hvor der har været beton- og cementvarefabrikker inden for et afgrænset geografisk område.

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

- **Lokalisering og driftsperiode**
Adresse, matr.nr. og ejerforhold mv. Fremgår af kommunens arkiver. Driftsperioden fremgår af tingbogen eller kan oplyses af grundejeren i driftsperioden. Herudover kan der evt. indhentes oplysninger fra Erhvervsregistret, vejvisere, brancheforeninger mv.

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

Specifikt for beton- og cementvarebranchen anbefales det at tage kontakt til brancheforeningen (se afsnit 3.3), som måske kan give nyttige råd og oplysninger om virksomhederne i et givent amt.

Oplysninger om branchen

Af litteratur, der beskriver beton- og cementvarebranchen, kan udover nærværende branchebeskrivelse nævnes:

- Brancheanalyse beton – renere teknologi ved beton fremstilling. Miljøprojekt nr. 304. Miljøstyrelsen, 1995.
- Beton-Bogen, Cementfabrikkernes tekniske oplysningskontor (CtO), seneste udgave.
- Brancheforeningerne: www.betoninfo.dk.
- Danmarks ældste forretninger, Kraks Legat (udg.), 1950.

Oplysninger om den enkelte lokalitet

Ved tilrettelæggelse af de historiske redegørelser kan det historiske materiale indeles efter de forhold, der søges oplysninger om. For en beton- og cementvarefabrik kan følgende forhold være relevante:

- **Fysisk indretning**
Kommunens arkiver, herunder evt. miljøgodkendelser
Virksomhedens arkiver
Fotos fra et kongelige Biblioteks billedsamling, Kort- og Matrikelstyrelsen og Lokalhistorisk arkiv.
- **Gennemgang af processer og oplag**
Kommunens arkiver, herunder evt. miljøgodkendelser
Virksomhedens arkiver
Interviews med grundejer eller ansatte i driftsperioden
Avisartikler mv.
Arbejdstilsynets inspektionsberetninger
Gennemgang af teknisk, historisk litteratur.

For at målrette den efterfølgende undersøgelse mest muligt er det væsentligt ved gennemgangen at fastlægge, hvilke processer der har været anvendt på beton- og cementvarefabrikken.

- **Identifikation af miljøfarlige stoffer og lokalisering af forureningskilder**
Kommunens arkiver, herunder evt. miljøgodkendelser og indberetninger vedr. affaldsmængder
Virksomhedens arkiver
Interviews med grundejer eller ansatte i driftsperioden.
- **Oplysninger om brand og ulykker**
Kommunens arkiver, herunder evt. miljøgodkendelser
Politiets arkiver
Brandvæsenets arkiver
Arbejdstilsynets inspektionsrapporter
Virksomhedens egne arkiver
Interviews med grundejer eller ansatte i driftsperioden.
- **Besigtigelse**
Ved besigtigelse af en beton- og cementvarefabrik bør man forsøge at lokalisere udendørs og indendørs råvareoplæg, steder for indsmøring af støbeporme, steder for blanding af råvarer, opbevaringssteder for brækage, slam og olieaffald, steder hvor blandeudstyr renses, afløbsforhold, herunder særligt eventuelle olieudskillere og slamneutraliseringsbassin samt olietanke. Sideordnede aktiviteter, såsom værksteder, dieselpåfyldningspladser mv., bør også identificeres. Det anbefales at udføre besigtigelsen sammen med en tidligere grundejer eller ansat, der har kendskab til produktionsprocesser og affaldsbortskaffelse. Ved besigtigelsen er der ofte

mulighed for at danne sig et godt overblik over virksomhedens historiske udvikling. Virksomhederne kan være etableret i tilknytning til en grusgrav, så eventuelle opfyldninger bør identificeres ved en vurdering af terrænforhold mv.

6.2 Planlægning af fysiske undersøgelser

Dette afsnit giver konkrete anvisninger på, hvilke potentielle forureningskilder der bør eller kan inddrages i en fysisk kortlægningsundersøgelse. Anvisningerne er dels baseret på kendskabet til virksomhedernes processer og dels baseret på de konkrete erfaringer, som amterne foreløbigt har gjort med denne virksomhedstype. En gennemgang af disse konkrete erfaringer fremgår af bilag 4.

Der er her givet en prioriteret liste for, hvilke forureningskilder der bør medtages ved en kortlægningsundersøgelse. Listen skal i hvert enkelt tilfælde vurderes mod de faktiske forhold på den pågældende lokalitet.

6.2.1 Potentielle forureningskilder

Potentielle forureningskilder, som **altid bør medtages** i en kortlægningsundersøgelse frem til vidensniveau 2:

- Udendørsoplag af råvarer
- Oplag af slam
- Olieudskiller og tilhørende sandfang
- Steder, hvor der sker oliering og vask af forme og betonbiler
- Udendørsarealer, hvor der sker blanding af råvarer
- Oplag af olieaffald
- Nedgravede tanke
- Påfyldningsplads for både underjordiske og overjordiske tanke.

Forureningskilder, som **anbefales medtaget** i en kortlægningsundersøgelse frem til vidensniveau 2:

- Oplag af brækage
- Slamneutraliseringsanlæg
- Opbevaring af armeringsstål på ubefæstede arealer
- Afløbssystem
- Diffus jordforurening opstået som følge af støv mv. fra virksomheden
- Andre aktiviteter (værksteder, opfyldninger mv.).

Forureningskilder, som i **specielle tilfælde kan medtages** i en kortlægningsundersøgelse:

- Eventuelle områder, hvor der ved gennemgang af historik fremkommer oplysninger om kendte spild.

6.2.2 Forureningskomponenter

For en del af de komponenter, der er i råvarer til beton, er der ikke tidligere udført analyser på trods af, at der produceres store mængder beton i Danmark. De enkelte komponenter i råvarerne er omtalt i bilag 3.

Udvælgelsen af komponenter, der er relevante ved en undersøgelse af jord og grundvand, er foretaget i bilag 1, hvor de nærmere kriterier for udvælgelsen er beskrevet. Ud fra de indhentede informationer om komponenterne er der her givet en prioriteret liste over forurenende komponenter, der bør analyseres for på lokaliteter, hvor der er eller har været beton- og cementvareindustri.

Forurenende komponenter, der altid bør analyseres for ved kortlægningsundersøgelser på beton- og cementvarefabrikker:

- Total kulbrinter samt BTEX
- Tungmetaller, herunder også chrom(VI).

Forurenende komponenter, der anbefales analyseret for:

- Vanadium, molybdæn, selen og arsen - hvis der håndteres flyveakse
- Al_2O og MgO - hvis der håndteres mikrosilica
- Silicium, mangan (og nikkel) - hvis der oplagres armeringsstål.

Forurenende komponenter, som analyseres, hvis der er kendskab til anvendelse af tilsætningsstoffer indeholdende disse komponenter:

- Thiocyanat
- Aluminium
- Naphthalenforbindelser
- Diethanolamin
- Triethanolamin
- Formaldehyd
- Man kan ikke umiddelbart analysere for VinsolResin, da det er et blandingprodukt af kulbrinter. Man skal derfor forhøre sig hos analyselaboratoriet, hvor de mener at kunne kvantificere denne stofblanding. Eventuelt kan en mindre mængde af råvaren indkøbes og analyseres som sammenligningsprøve.

En række af komponenterne, der er nævnt som supplement til standardanalyseprogrammet, udføres kun af enkelte laboratorier og udføres kun i meget begrænset omfang. Analyserne kan desuden være meget kostbare. Det anbefales derfor at tage kontakt til et analyselaboratorium for at planlægge analyseprogrammet samtidig med, at det sikres, at komponenterne har været anvendt på lokaliteten.

6.2.3 Analyseprogrammer

Analyseprogram for jordprøver

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

Jordprøver fra lokaliteter, hvor der har været beton- og cementvarefabrikker, anbefales analyseret efter programmet angivet i tabel 6.3. Analysemetoderne er nærmere beskrevet i /13/. Analyseprogrammet kan reduceres eller udbygges afhængigt af, hvilke oplysninger der kan fremskaffes i forbindelse med den konkrete undersøgelse.

Stofgruppe	Komponent	Metode	Detektionsgrænse (mg/kg TS)
Tungmetaller	Bly	ICP	0,9
	Cadmium	ICP	0,05
		ASS	0,002
	Chrom	ICP	0,2
	Chrom (VI)	Spektrofotometrisk	0,05
	Kobber	ICP	0,5
	Nikkel	ICP	0,6
Zink	ICP	1,0	
Kulbrinter	C6-C10	GC-FID	2,0
	C11-C25	GC-FID	5,0
	C26-C35	GC-FID	20,0
	C36-C40	GC-FID	25,0
	BTEX	GC-FID	0,1
		GC-MS	0,01

Tabel 6.3 Laboratorieanalyser for jordprøver, standardprogram.

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

En GC/FID screening af jordprøverne for totalindhold af kulbrinter vil endvidere kunne indikere, om der indhold af VinsolResin i prøven, men vil dog ikke kunne give den nøjagtige koncentration af dette produkt.

Som supplement til standardprogrammet anbefales det, afhængig af forbrug af tilsætningsstoffer, at analysere jordprøver for følgende forureningskomponenter:

- Thiocyanat
- Aluminium (Al og Al₂O₃)
- Arsen
- Mangan
- Molybdæn
- Vanadium
- Magnesium (MgO)
- VinsolResin
- Selen
- Silicium
- Naphthalenforbindelser.

Analyseprogram for vandprøver

Vandprøver fra lokaliteter, hvor der har været beton- og cementvarefabrik, anbefales analyseret efter programmet angivet i tabel 6.4.

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

Stofgruppe	Komponent	Metode	Detektionsgrænse (µg/l)
Tungmetaller	Chrom (total)	ASS/ICP	0,2
	Chrom(VI)	Spektrofotometrisk	1
Kulbrinter	Total kulbrinter	GC-FID	5,0
	BTEX	GC-FID	0,1
		GC-MS	0,05

Tabel 6.4 Laboratorieanalyser for vandprøver, standardprogram.

Som supplement til standardprogrammet anbefales det at analysere vandprøver for følgende stoffer, afhængig af forbrug af tilsætningsstoffer:

- Diethanolamin
- Triethanolamin
- Formaldehyd
- Thiocyanat
- Naphthalenforbindelser
- Aluminium.

6.3 Design af undersøgelsesprogram

De fysiske undersøgelser har til formål at be- eller afkræfte, om virksomhedens aktiviteter har ført til forurening af jord og grundvand. Derudover skal de fysiske undersøgelser tilvejebringe de oplysninger, som er nødvendige for at kunne foretage en indledende risikovurdering af forureningens påvirkning af miljø og sundhed. Da fysiske undersøgelser er kostbare at iværksætte, er der al mulig grund til at ofre god tid på omhyggelig planlægning og design af et undersøgelsesprogram.

Den historiske redegørelse skal resultere i to sæt af oplysninger:

1. Hvilke potentielle kilder er eller har der været til forurening af jordmiljøet?
2. Hvilke miljøfremmede stoffer kan der være udledt fra virksomheden, og hvad er deres opførsel i miljøet?

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

- Er der tale om punktkilder, hvor miljøfremmede stoffer f.eks. er lækket fra en tank eller spildt ved en påfyldningsstuds? Eller er der tale om punktkilder, hvor støv eller aerosoler kan være spredt over et større område, f.eks. fra et ventilationsafkast? Kilden kan i visse tilfælde udgøre et område, f.eks. en oplagsplads eller et areal for deponering af affald.
- Hvordan er de miljøfremmede stoffer undsluppet til miljøet? Forureningen kan eksempelvis være 'injeceret' i jorden fra en utæt kloak eller spildt direkte fra et tromleoplag.
- Hvilke stoffer kan være undsluppet til miljøet? Hvis der er tale om produkter med få hovedkomponenter og mange additiver, bør man som oftest starte med at undersøge for hovedkomponenten.
- Hvordan vil stofferne opføre sig i miljøet? Vil de adsorbere til jorden umiddelbart ved kilden? Vil de fordampe? Vil de bevæge sig ned mod grundvandet, eller vil de opløses i porevandet og vaskes ned?
- Undergår stoffet forandringer i miljøet? Bliver det nedbrudt eller ændrer tilstandsform?

Når dette hændelsesforløb er tænkt igennem, er der skabt et billede af, hvor på grunden der skal søges efter hvilke forureningskomponenter. For hver kilde kan der herefter vælges en undersøgelsesstrategi, hvor der udvælges prøveudtagningsmetode(r) og analyseparametre for hver af de "forureningshændelser", som indgår i den konceptuelle model.

En detaljeret gennemgang af prøvetagnings- og analysestrategier fremgår af /13/. Her beskrives i bilag 1, eksempel 1 og 2, relevante typer af prøvetagnings- og analysestrategier i orienterende forureningsundersøgelser (tekniske kortlægningsundersøgelser). Det anbefales generelt, at prøvetagningstætheden til lokalisering af ukendte forureningskilder ved tekniske kortlægningsundersøgelser begrænses til niveauet "grov screening".

7. Afværgeteknikker

Såfremt der ved kortlægningsundersøgelsen på vidensniveau 2 påvises forurening, der overskrider de af Miljøstyrelsen fastsatte kvalitetskriterier for jord, grundvand eller poreluft /1/, vil næste trin være at foretage en mere omfattende forureningsundersøgelse. Den omfattende forureningsundersøgelse bør indeholde en beskrivelse af nedenstående fysiske og kemiske forhold:

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

Med baggrund i en samlet vurdering af undersøgelsesresultaterne udarbejdes i henhold til /1/ en risikovurdering, der klargør, i hvilken grad forureningen udgør en risiko i forhold til arealanvendelsen, grundvands- og recipientinteresser. På baggrund af risikovurderingen besluttet det, om der skal foretages afværgeforanstaltninger.

Det er vigtigt, at der på et tidligt tidspunkt i undersøgelsesfasen overvejes, hvilke afværgeforanstaltninger der kan være aktuelle for den pågældende forurening og lokalitet. Herved sikres, at der allerede i undersøgelsesforløbet kan foretages en afklaring af, hvilke afværgeteknikker der er bedst egnede samt eventuelt forberede borer mm. på at kunne indgå i fremtidige afværgeforanstaltninger eller monitoringsprogrammer for overvågning af forureningen.

Inden afværgeprojektet påbegyndes, foreslås det at orientere sig i Amternes Projekthåndbog /4/. I projekthåndbogen er der samlet en lang række gode råd og vejledninger om udbud og kontrahering af rådgivning og entreprenørarbejde.

Identifikation af potentielle afværgestrategier

I det følgende er der listet eksempler på afværgeforanstaltninger, der kan være aktuelle til sikring af arealanvendelse, herunder indeluft samt grundvandsinteresser og recipienter.

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

Ved valg af afværgeopløsning er det vigtigt at tage stilling til, om formålet er en fjernelse og/eller en afskæring af forureningen. Der skal tages stilling til de oprensningskriterier, som afværgeopløsningen skal sigte mod, og det skal undersøges, hvilke krav der er til afværgeforanstaltningen med hensyn til udledningskriterier for vand og luft.

Afværgeforanstaltninger til sikring af arealanvendelsen, herunder indeluften, tager sigte på at fjerne eller afskære forureningen, så eksponeringen mindskes eller hindres, mens afværgeforanstaltninger over for grundvand tager sigte på at reducere eller hindre spredning af forureningen til grundvand og recipient.

Før detailplanlægning og etablering af flere af de ovennævnte afværgeforanstaltninger kan det med fordel betale sig at supplere med mere specifikke tekniske undersøgelser eller tests. Testene skal udmunde i en nærmere bestemmelse af særlige designparametre, såsom jordens permeabilitet, vandindhold, hydraulisk ledningsevne, geoteknik etc. En mere uddybende beskrivelse af de enkelte afværgeteknologier og tests kan findes i amternes afværgehåndbog for chlorerede opløsningsmidler /3/.

Der sker løbende udvikling af forskellige afværgemetoder primært i udlandet. I valget af afværgeteknikker er det vigtigt at følge med i den internationale viden på området. Her er givet nogle eksempler på hjemmesider, hvor der kan opnås et godt overblik med hensyn til den internationale viden på området: US EPA's hjemmeside www.clu-in.org, www.techknow.org og www.gwrtac.org. Disse hjemmesider er endvidere fyldt med links til andre hjemmesider omhandlende afværgeteknikker. På den danske Miljøstyrelses hjemmeside www.mst.dk og på Amternes Videncenter for Jordforurenings hjemmeside www.avjinfo.dk findes publikationer, der beskriver afprøvede afværgeteknikker i Danmark.

I tabel 7.1 er der foretaget en udvælgelse af de afværgeteknikker, der på nuværende tidspunkt vurderes at være bedst egnede i forhold til de forureningskomponenter, der typisk findes i forbindelse med beton- og cementvarefabrikker. Udvælgelsen af teknikker bærer således præg af, hvilke teknikker der d.d. er mest kommercielt udviklede. Tabellen indeholder en kort beskrivelse af den pågældende metode og dens anvendelighed i forhold til forskellige stofgrupper, geologi og hydrogeologi. Der er for den enkelte teknik endvidere anslået tiden for en forventet oprensingsperiode.

Efter afslutning af etablering og evt. indkøring af en afværgeforanstaltning er det af stor betydning, at der, udover den rent maskintekniske del bestående af eftersyn og vedligehold, løbende foretages en monitoring og optimering af afværgeforanstaltningen, der sikrer den bedst mulige oprensning igennem hele driftsperioden. Før afslutning af afværgeprojektet bør der endvidere foretages en fastsættelse af stopkriterier for afværgeforanstaltningerne.

Teknik	Forureningskomponenter	Beskrivelse	Sted	Geologi	Hydrogeologi	Oprensningsperiode
Afgravning/opboring	Olieprodukter, BTEX, Chlorerede opløsningsmidler, Metaller	Afgravning/opboring af jord. Bortkørsel af jord til ekstern rensning	Kildeoprensning	Alt	Umættet og mættet. (Evt. foretages grundvands-sænkning)	Kort
Dampstripning	Oliekomponenter herunder BTEX samt let og tung gasolie	Opvarmning af jordmatrixen ved injektion af luft og damp. Metoden kan med fordel kombineres med aktiv op-pumpning af poreluft	Kildeoprensning	Sand og grus, (kalk), lerlag mindre end 3 meter tykke	Umættet og mættet	Kort
Phytooprensning	Oliekomponenter herunder BTEX, PAH'er	Beplantning af særlig vegetation, der kan optage og eventuelt nedbryde forureningskomponenterne	Kildeoprensning	Alt	Umættet og mættet	Lang
Forceret udvaskning	Olie- og tjærekomponenter, BTEX	Udvaskning af forurening ved kunstig forøget vandgennemstrømning	Kildeoprensning	Sand og grus, (kalk)	Umættet og mættet	Lang
Kemisk oxidation	Oliekomponenter herunder BTEX, PAH'er	Stimuleret nedbrydning af forureningen ved tilsætning af oxidationsmiddel	Kildeoprensning	Sprækket ler, silt og sand	Mættet og umættet	Mellem
Naturlig nedbrydning	Benzin, let gasolie	Overvågning ved en omfattende monitoring og herved dokumentering af nedbrydningen af en forurening	Spredningskontrol	Sand og grus	Mættet (umættet)	Lang
Forsegling af forureningen	Alt	Etablering af spuns eller anden form for barriere, der hindrer en spredning af forureningen	Spredningskontrol	Alt	Umættet og mættet	Lang
Afvægepumpning og vandbehandling	Oliekomponenter, BTEX, Chlorerede opløsningsmidler, Vandblandbare opløsningsmidler, Cr(VI)	Oppumpning og behandling af grundvand	Kildeoprensning og spredningskontrol	Sand, grus og kalk	Mættet	Lang

Teknik	Forureningskomponenter	Beskrivelse	Sted	Geologi	Hydrogeologi	Oprensningsperiode
Passiv ventilation	Flygtige oliekomponenter herunder BTEX	Passiv fjernelse af forurenede poreluft drevet af naturlige atmosfæriske trykvariationer	Kildeoprensning	Sand og grus, (kalk)	Umættet	Lang
Etablering af reaktiv barriere	Flygtige oliekomponenter herunder BTEX, Cr(VI)	Etablering af væg indeholdende materiale for tilbageholdelse eller nedbrydning af grundvandstransporteret forurening	Spredningskontrol	Sand, grus og kalk	Mættet	Lang

Table 7.1 Selected remediation techniques in relation to pollution components, which can be associated with concrete and cement manufacturing plants [43].
Note: Remediation periods are given as: Short: $\lt; \frac{3}{4}$ years. Medium: $\frac{3}{4}$ -3 years. Long: >3 years.

8. Litteraturliste

- /1/ Miljøstyrelsen: Oprydning på forurenede lokaliteter - Hovedbind. Vejledning nr. 6 1998.
- /2/ Miljø- og Energiministeriet: Lov nr. 370 af 2. juni 1999 om forurenede jord.
- /3/ Amternes Videntcenter for Jordforurening 2003. Afværgehandbog for klorerede opløsningsmidler Nr. 4 2003.
- /4/ Amternes Videntcenter for Jordforurening: Amternes Projekthåndbog 3. udgave 2002.
- /5/ Beton industriens Fællesråd, www.betoninfo.dk. Lokaliseret 05.01.2004.
- /6/ Cementfabrikkernes tekniske oplysningskontor (CtO): Beton-Bogen.1979.
- /7/ Munch-Petersen, C.: Teknologisk Institut, Beton. Publiceret i: Byggeindustrien nr. 4, 1997.
- /8/ Eminent a/s, www.emineral.dk. Lokaliseret 05.01.2004.
- /9/ Aalborg-Portland A/S, www.aalborg-portland.dk. Lokaliseret 05.01.2004.
- /10/ Miljøstyrelsen: Afløbskomponenter PVC, HDPE, PP og beton. Arbejdsrapport nr. 3. 1998.
- /11/ Miljøstyrelsen: Renere teknologi til undgåelse af biologisk vækst på murværk, tegl- og betontage – Undersøgelse af forekomster. Miljøprojekt nr. 781. 2003.
- /12/ Jespersen, A., Borrit, S., Malling, K. T., Gaarselv, A.: Material og udførelsesmetoder. Anlægskundskab, bind B. 4. revideret udgave. Polytekniske forlag. 1976.
- /13/ Miljøstyrelsen: Prøvetagning og analyse af jord. Vejledning fra Miljøstyrelsen, nr. 13, 1998.
- /14/ Miljøstyrelsen: Brancheanalyse beton – renere teknologi ved beton fremstilling. Miljøprojekt nr. 304. 1995.
- /15/ Danmarks Statistik, personlig henvendelse, 12-01-2004.
- /16/ Dansk Fabriksbetonforening: Fabriksbeton – det naturlige valg. Udgivelsesår ukendt.
- /17/ Beton-Teknik: Tilsætningsstoffer til beton. 1983.

- /18/ Miljøstyrelsen: Feltmetoder til forurennet jord. Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen nr. 18. 1995.
- /19/ Miljøstyrelsen: Nedsivning fra byggeaffald. Miljøprojekt nr. 128. 1990.
- /21/ Miljøministeriet: Teknologisk udvikling i betonbranchen. Råstofkontorets teknologiserie nr. 7. 1984.
- /22/ Unicon A/S, www.unicon.dk. Lokaliseret 01.05.2004.
- /23/ Normstyrelsen: Anvendelse af flyveaske og mikrosilica i beton. Normstyrelsens publikationer NP-188-R, 1987.
- /24/ Kjær, U.: Tilsætningsstoffer til beton. Beton- og konstruktionsinstituttet. 1982.
- /25/ Statens byggeforskningsinstitut: Problematiske stoffer i byggevarer. SBI-anvisning nr. 122, 1999.
- /26/ Miljøstyrelsen: Ny viden nr. 4, 2000.
- /27/ GH Beton, www.Ghbeton.dk. Lokaliseret 01.05.2004.
- /28/ SKAKO, www.skako.dk. Lokaliseret 01.05.2004.
- /29/ IBF Betonvarer, www.ibf.dk. Lokaliseret 01.05.2004
- /30/ Miljøstyrelsen. Affaldsstatistik 2002. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 6, 2003.
- /31/ Cai, Z., Jensen, D.L. og Christensen, T.H. Re-use of stabilised flue gas ashes from solid waste incineration in cement-treated base layers for pavement. Waste Management and Research. Vol. 21, pp. 42-53. 2003.
- /32/ Miljøstyrelsen: Grundlag for nyttiggørelse af forurennet jord og restprodukter. Miljøprojekt nr. 415, 1998.
- /33/ Miljøstyrelsen: Kemiske stoffers opførsel i jord og grundvand. Bind 1 og 2. Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen. Nr. 20, 1996.
- /34/ Miljøstyrelsen: Massestrømsanalyse af chrom og chromforbindelser. Miljøprojekt nr. 738, Miljøstyrelsen, 2002.
- /35/ Connell, D. W.: Basic Concepts of Environmental Chemistry. Lewis Publishers. 1997.

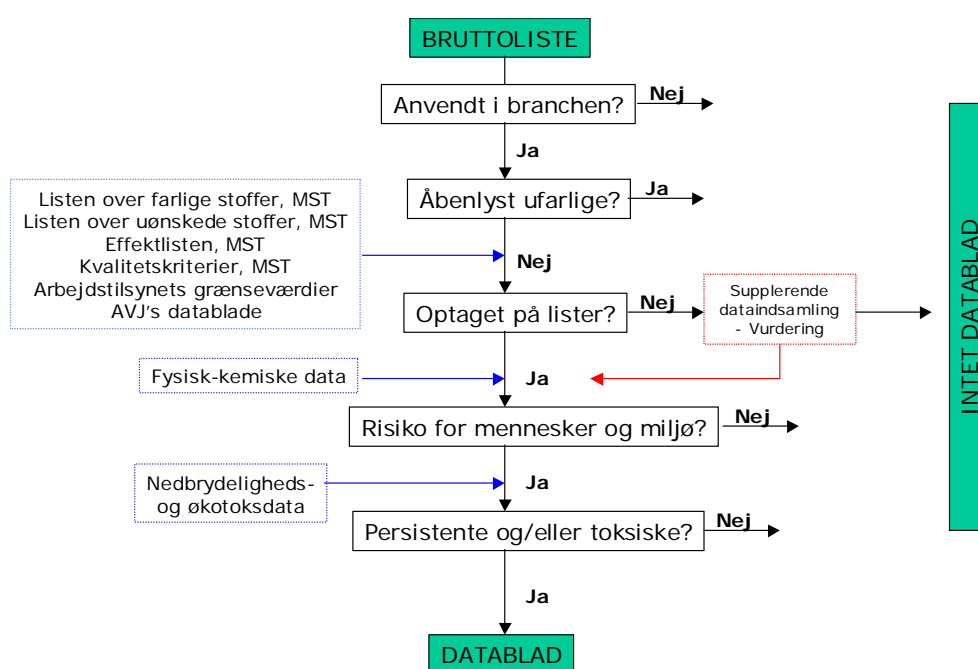
- /36/ Amternes Videncenter for Jordforurening: Håndbog for poreluftundersøgelser. Teknik & Administration nr. 3, 1998.
- /37/ Miljøstyrelsen: Oprydning på forurenede lokaliteter - Appendikser. Vejledning nr. 7, 1998.
- /38/ Amternes Videncenter for Jordforurening: Håndbog om feltanalyser af forurenede jord. Teknik og administration, nr. 3, 2001.
- /39/ Status for arbejdet med forenkling og effektivisering af miljømyndighedernes regulering af industrivirksomheder, Miljøministeriet, juni 2002.
- /40/ Lossepladsprojektet: Forurenede industrigrunde. Udredningsrapport U2, januar 1988.
- /41/ Afløbsfraktionen, Dansk Beton Industriforening:
www.aflobsfraktionen.dk. Senest opdateret 03.04.2003. Lokaliseret 05-01-2004.
- /42/ Miljøstyrelsen: Kortlægning af forurenede arealer. Vejledning nr. 8, 2000.
- /43/ Miljøstyrelsen: Afprøvede teknologier under Miljøstyrelsens teknologi-program for jord- og grundvandsforurening. Miljøprojekt nr. 714, 2002.
- /44/ Miljøstyrelsen: Overfladeaktive stoffer -spredning og effekter i miljøet. Nr. 166, 1991.
- /45/ Miljøstyrelsen: Environmental and Health Assessment of Substances in: Household Detergents and Cosmetic Detergent Products. Environmental Project no. 615, 2001.

Bilag 1

Anvendte stoffer i betonbranchen

Dette bilag indeholder en samlet oversigt over råvarer og enkeltkomponenter, som er truffet under gennemgangen af branchens teknologiske udvikling. Listen er søgt systematiseret efter deres anvendelse i produktionen eller deres funktion i produkterne.

Med henblik på at skabe et overblik over stoffernes miljøfarlighed er det i oversigten angivet, hvorvidt stofferne er underlagt regulering fra myndigheder inden for miljø- eller arbejdsmiljøområdet. Dette kommer til udtryk ved, at stofferne vil være optaget på eksempelvis Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer, eller ved at der er fastsat en Hygiejnisk Grænseværdi (HGV) for stoffernes forekomst i arbejdsmiljøet. Disse oplysninger danner samtidig grundlag for udvælgelsen af de stoffer, for hvilke der i denne branchebeskrivelser er udarbejdet datablade indeholdende fysisk-kemiske oplysninger om det enkelte stof. Proceduren for udvælgelse af, hvilke stoffer, der anses at være miljøfarlige, og derfor er forsynet med datablad, fremgår af nedenstående.



Figur: Principskitse for udvælgelse af stoffer fra bruttoliste, for hvilke der skal laves datablade.

Følgende princip er anvendt ved udvælgelse af komponenter, anvendt inden for beton- og cementvareindustrien, for hvilke der laves datablad.

Følgende referencer er anvendt:

- Miljøstyrelsen 2000: Bekendtgørelse om listen over farlige stoffer. Bekendtgørelse nr. 733 af 31/7-2000. Samt <http://www.mst.dk/default.asp?Sub=http://www.mst.dk/kemi/02000000.htm>. Marts 2004.
- Miljøstyrelsen 2003: Liste over kvalitetskriterier i relation til forurennet jord. Opdateret juli 2003.
- Miljøstyrelsen: Kemiske stoffers opførsel i jord og grundvand. Bind 2. Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen. Nr. 20, 1996.

- Arbejdstilsynet: Grænseværdier for stoffer og materialer. Vejledning C.0.1. Oktober 2002.
- Amternes Videncenter for Jordforurening: Samling af stofdatablade fra branchebeskrivelser, Teknik & Administration, nr. 7, 2002.
- Amternes Videncenter for Jordforurening: Branchebeskrivelse for trykkerier, Teknik & Administration, nr. 2, 2003.

	Åbenlyst ufarlige	Farlige stoffer	Uønskede stoffer	Effektlisten	Kvalitetskriterier	HGV	Kommentar
Hovedkomponenter							
Cement		x					
	Chrom 6+				x		Kvalitetskriterium findes
	Triethanolamin		-	-	-	+	Grænseværdi fra Arbejdstilsynet findes
	Diethanolamin			+	+	+	Findes på effektlisten
	SO ₃	x					
	MgO		-	-	-	-	6 som Mg Er uopløselig i vand, vil derfor findes i støv på området. Grænseværdi fra Arbejdstilsynet findes
	Ækv. Na ₂ O	x					
	Cl ⁻	x					
	Mikrosilica	Na ₂ O	x				
SiO ₂		x					Åbenlyst ufarlig
Fe ₂ O ₃		x					Åbenlyst ufarlig
Al ₂ O ₃			-	-	-	-	10 som Al for Alox Er uopløselig i vand, vil derfor findes i støv på området. Grænseværdi fra Arbejdstilsynet findes
CaO		x					Åbenlyst ufarlig
MgO			-	-	-	-	6 som Mg Er uopløselig i vand, vil derfor findes i støv på området. Grænseværdi fra Arbejdstilsynet findes
K ₂ O		x					Åbenlyst ufarlig
SO ₃		x					Åbenlyst ufarlig

	Åbenlyst ufarlige	Farlige stoffer	Uønskede stoffer	Effektlisten	Kvalitetskriterier	HGV	Kommentar	
Flyveaske							Kvalitetskriterium findes	
	Bly						Kvalitetskriterium findes	
	Cadmium						Kvalitetskriterium findes	
	Chrom/(chrom 6+)						Kvalitetskriterium findes	
	Zink						Kvalitetskriterium findes	
	Nikkel						Kvalitetskriterium findes	
	Kobber						Kvalitetskriterium findes	
	Vanadium		-	-	(x)	-	-	Vanadiumoxid er angivet på Effektlisten, Vanadium anses for giftig overfor vandige organismer /kilde 9, bilag 2/
	Chlorid	x						Åbenlyst ufarlig
	Sulfat	x						Åbenlyst ufarlig
	Natrium	x						Åbenlyst ufarlig
	Kalium	x						Åbenlyst ufarlig
	Calcium	x						Åbenlyst ufarlig
	Magnesium		x(Mg pulver)	-	-	-	-	Magnesiumpulver findes på listen over farlige stoffer, denne klassificering er udelukkende baseret på alvorlig brandfare
Arsen					x		Kvalitetskriterium findes	
Molybdæn		-	-	-, dog motiroxid	-	X, forbindelser	Grænseværdi fra Arbejdstilsynet findes	
Selen		-	-	x	-	x	Findes på effektlisten	
Olier							Kvalitetskriterium findes	
	Fedtsyrer	x						
	Isoparafiner						Er iso-alkaner, inkluderes under olie	
Armeringsjern	Silicium		-	-	-	x	Silicium	
	Mangan			-	-	x, som pulver	Mangan	
	Nikkel			x		x	Nikkel	

	Åbenlyst ufarlige	Farlige stoffer	Uønskede stoffer	Effektlisten	Kvalitetskriterier	HGV	Kommentar
Primære tilsætningsstoffer							
Aluminat		-	-	-	-	-	Ikke på lister
Alifatisk amin	x						Åbenlyst ufarlig
Aluminium		+	-	-	-	+	Findes på listen over farlige stoffer
Chlorid	x						Åbenlyst ufarlig
Thiocyanat		+	-	-	-	-	Er på listen over farlige stoffer
Fosfat	x						Åbenlyst ufarlig
Ferrosulfat	x						Åbenlyst ufarlig
Formiat	x						Åbenlyst ufarlig
Fedtsyre	x						Åbenlyst ufarlig
Hydroxycarboxylsyre	x						Åbenlyst ufarlig
Karbonat	x						Åbenlyst ufarlig
Lignosulfonat		-	-	-	-	-	Ikke på lister, derudover ingen kendte miljø og helserisiko. LC50 for fisk:Ej giftig. LD50 for rotte > 7000mg/kg
Melaminforbindelse		-	-	-	-	-	Ikke på lister
Naphthalenforbindelse		+	-	-	-	+	Er på listen over farlige stoffer
Nitrat	x						Åbenlyst ufarlig
Nitrit	x						Åbenlyst ufarlig
Polyhydroxyforbindelse	x						Åbenlyst ufarlig
Plastkugler							Vurderes ikke, kun anvendt i et produkt
Silikat	x						Åbenlyst ufarlig
Siliciumfluorid, fluat	x						Dissosierer til kieselgel, åbenlyst ufarlig
Silikone	x						Åbenlyst ufarlig
Stearat	x						Åbenlyst ufarlig
Sulfat	x						Åbenlyst ufarlig
Tensid							Kan ikke vurderes, er ikke specificeret
Triethanolamin		-	-	-		+	Grænseværdi fra Arbejdstilsynet findes
Vinsol resin		+					Er på listen over farlige stoffer
Ethersulfat							Er et tensid og behandles med disse
Formaldehyd		+					Er på listen over farlige stoffer
Calcium	x						Åbenlyst ufarlig
Kalium	x						Åbenlyst ufarlig
Magnesium						-	?
Natrium	x						Åbenlyst ufarlig
Zink					+		Kvalitetskriterium findes

	Åben-lyst ufarlige	Farlige stoffer	Uønskede stoffer	Effektlisten	Kvalitetskriterier	HGV	Kommentar
Sekundære tilsætningsstoffer							
	Alkoholer						
	Glycoler						
	Chlorider						
	Uorganiske salte						
	Jernpulver						
	Sulfo-aluminet-cement						
	Stearinsyre						
	Oliesyre						
	Fedtstoffer						
	Butyl-stearat						
	Voksemulsioner						
	Calciumstearat						
	Aluminiumstearat						
	Kulbrinte-harpikser						
	Bitumen						
	Bentonit						
	Kalk						
	Kiselgur						
	Alginater						
	Polyethylenoxider						
	Celluloseethere						
	Lithium- og bariumsalte						
	Puzzolaner						
	Sulfitter						
	Nitritter						
	Benzoater						
	Kobbersalte						
	Dieldrin						
	Polyhalogenerede forbindelser						
	Polyfosfater						
	Polyphthalater						
	Silikoner						
	Brintperoxid						
	Aluminiumspulver						
	Magnesium						
	Zink						
	Maleinsyre-anhydrid						
	Poly-elektrolytter						
	Kalk						
	Talk						
	Kvarts						
	Kridt						
	Slagge						
	Hydraulisk kalk						
	Flyveaske						
	Trass						
	Polymere						
	Sort jeroxid						
	Mangansort						
	Carbon black						

	Åben-lyst ufarlige	Farlige stoffer	Uønskede stoffer	Effektlisten	Kvalitetskriterier	HGV	Kommentar
Sekundære tilsætningsstoffer							
	Ultramarin blå						
	Ftalcyanin blå						
	Kobolt blå						
	Kromoxidhydrat						
	Kromoxid						
	Ftalcyanin grøn						
	Rød jernoxid						
	Ferroxid						
	Jernoxid hydrat						
	Titandioxid						
	Blyantimonat						

Bilag 2

Datablade for udvalgte stoffer

I dette bilag præsenteres datablade for de udvalgte komponenter, der er indeholdt på nettolisten over anvendte komponenter på beton- og cementvarefabrikker. Der er medtaget datablade for følgende komponenter:

Metaller

Al₂O₃

Aluminium

Arsen

Bly

Cadmium

Chrom

Kobber

Mangan

MgO

Molybdæn

Nikkel

Silicium

Vanadium

Zink

Organiske komponenter

Olier

Thiocyanat

Naphthalen

Triethanolamin

Diethanolamin

Vinsol Resin

Formaldehyd

Navn	Aluminium	Reference
Kemisk betegnelse	Al	11
Atomnummer	13	11
Generelt	Aluminium anvendes som letvægtsmetal i industrien. Aluminium findes naturligt i alle jordtyper. Dansk ler indeholder 10-25% Al ₂ O ₃ , hvor lerindholdet i jord varierer fra 1-35 %.	11
Optræder i følgende oxidationstrin	Aluminium forekommer på oxidationstrin +III	11
Mest forekommende ioner i jord/vand	I vand findes aluminium ved pH < 4,5 som Al ³⁺ , ved mindre surt pH som Al(OH) ₂ ⁺ eller AlOH ²⁺ , ved mild eller stærkt alkaliske forhold findes det som Al(OH) ₃ eller Al(OH) ₄ ⁻	12
Redoxforhold	-	
Udfældning/ opløselighed	Under normale omstændigheder vil kun en meget lille fraktion af total aluminium være opløst i jordvand. Ved fald i pH til under 4,5 eller med pH stigning til over 9 stiger opløseligheden af aluminium eksponentielt.	11
Sorption	-	
Kompleksring	Aluminium findes ofte i nature kompleksbundet med ilt, fluor eller silicium.	12
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Aluminiumpulver, ustabiliseret: F;R15-17 Aluminiumpulver, stabiliseret: R10 F;R15	4
Kvalitetskriterier		
Jord	-	
Grundvand	-	
Afdampning	-	
B-værdi	0,01mg Al/m ³ (aluminiumforbindelser i uorg. støv)	5
At-værdi	10 mg Al/m ³ (aluminium, pulver og støv) 2 mg Al/m ³ (aluminium, opløselige salte)	8

Navn	Aluminiumoxid	Enhed	Reference
Synonym	alpha-Alumina; alpha-Alumina trihydrate; Activated Alumina; Aloxite; Alumina; Aluminite 37; Alundum; Basic alumina; Boileezers; Corundum; Delta alumina; sapphire; sigma-alumina; Theta alumina; gamma-Alumina;		1
CAS nr.	1344-28-1		1
Kemisk formel	Al ₂ O ₃		1
Tilstandsform	Fast		1
Molvægt	101.96	g/mol	1
Densitet	3.97	g/cm ³	1
Kogepunkt	2977	°C	1
Vandopløselighed	uopløseligt i vand.		1
Flammepunkt	-		
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log)	-		
Klassificering	-		
Kvalitetskriterier			
Jord	-		
Grundvand	-		
Afdampning	-		
B-værdi	0,01 (aluminiumforbindelser i uorg. støv)	mg Al/mg ³	5
At-værdi	10 (aluminiumoxid)	mg Al/mg ³	8

Navn	Arsen
Kemisk betegnelse	As
Atomnummer	33
Generelt	As er et metalloid (halvmetal). Den mest anvendte arsenforbindelse er As_2O_3 (hvid arsenik). Arsen er toksisk for de fleste organismer, herunder mennesker, dyr og planter.
Optræder i følgende oxidationstrin	0, +III, +V og -III.
Mest forekommende ioner i jord/vand	I terrestiske miljøer optræder arsen primært som oxyanionerne arsenat (As+V) og arsenit (As+III): AsO_4^{3-} , $HAsO_4^{2-}$, $H_2AsO_4^-$ (arsenat) AsO_3^{3-} , H_3AsO_3 (arsenit)
Redoxforhold	Under aerobe forhold findes arsen som arsenat, under reducerende forhold som arsenit, og under stærkt reducerende forhold kan arsen findes som arsin (As-III)
Udfældning/ opløselighed	Generelt er As(+III)-salte mere opløselige end As(+V)-salte, hvilket betyder at arsen vil være mere opløseligt (4-10 gange mere) under reducerende forhold.
Sorption	Arsen optræder overvejende som anioner, og er derfor ikke styret af sorption som de kationiske metaller.
Komplexering	Komplekdannelse er antageligt ikke af betydning for arsens mobilitet, da arsen som nævnt primært findes som anioner i jordgrundvandsmiljøet
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Arsen og arsenforbindelser er klassificeret som "giftig" (faresymbol T). Nogle arsenforbindelser (oxider samt arsensyre og salte heraf) er endvidere klassificeret som "kræftfremkaldende". Arsenitoxid er klassificeret som "meget giftig" og "kræftfremkaldende".
Kvalitetskriterier	
Jord	20 mg/kg TS
Grundvand	8 µg/L
Afdampning	-
B-værdi	0,00001 mg/m ³
At-værdi	0,01 mg/m ³

Stoffet omtales første gang i følgende branchebeskrivelse:
Branchebeskrivelse for træimpregnering

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

Stoffet omtales første gang i følgende branchebeskrivelse:

Branchebeskrivelse for varmegærker

Navn	Cadmium
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.
Kompleksering	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. lossepladsperskolat)
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Cadmiumforbindelser er generelt klassificeret som "sundhedsskadelige". Enkelte cadmiumforbindelser er klassificeret som "giftige" og/eller "kræftfremkaldende", f.eks. cadmiumsulfid.
Kvalitetskriterier	
Jord	0,5 mg/kg TS
Grundvand	0,5 µg/l
Afdampning	-
B-værdi	0,00001 mg/m ³
At-værdi	0,005 mg/m ³

Stoffet omtales første gang i følgende branchebeskrivelse:
 Branchebeskrivelse for produkthandler mv.

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

Stoffet omtales første gang i følgende branchebeskrivelse:
 Branchebeskrivelser for træimpregnering

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

Stoffet omtales første gang i følgende branchebeskrivelse:
 Branchebeskrivelse for varmegærker

Navn	Magnesiumoxid	Enhed	Reference
Synonym	Calcined Brucite; Irtran-5; Maglite; Magnesium monoxide;		1
CAS nr.	1309-48-4		1
Kemisk formel	MgO		1
Tilstandsform	Fast		5
Molvægt	40.30	g/mol	1
Densitet	3.58	g/cm ³	1
Kogepunkt	3600	°C	1
Vandopløselighed	uopløseligt i vand.		1, 5
Flammepunkt	-		
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log)	-		
Klassificering	-		
Kvalitetskriterier			
Jord	-		
Grundvand	-		
Afdampning	-		
B-værdi	0,08 (uorganiske magnesium forbindelser)	mg Mg/m ³	5
At-værdi	6 (magnesiumoxid)	mg Mg/m ³	8

Navn	Mangan	Reference
Kemisk betegnelse	Mn	5
Atomnummer	25	10
Generelt	Mangan brydes som ferromangan, der anvendes i stållegeringer. Derudover anvendes mangan også til tørbatterier, antibankningsmiddel i benzin, dyrefoder, gødningsstof, vitaminpiller og visse pesticider.	5
Optræder i følgende oxidationstrin	Mangan forekommer på følgende oxidationstrin: 0, +II, +IV, +VII.	5
Mest forekommende ioner i jord/vand	Oxidationstrin +IV er den mest almindelige i naturen	5
Redoxforhold	-	
Udfældning/opløselighed	-	
Sorption	-	
Kompleksring	-	
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Manganoxid: Xn, R20/22 Mangansulfat: Xn, R48/20/22, N;R51/53	4
Kvalitetskriterier		
Jord	-	
Grundvand	-	
Afdampning	-	
B-værdi	0,001 mg Mn/m ³	5
At-værdi	0,2 mg Mn/m ³ (pulver, støv og uorg. forbindelser)	8

Navn	Molybdæn	Reference
Kemisk betegnelse	Mo	9
Atomnummer	42	10
Generelt	Molybdæn anvendes bredt til legering af stål. Derudover findes molybdæn i kosttilskud til både dyr og mennesker og det anvendes som plantenæringsstof hvis jorden savner molybdæn. Molybdæn er et essentielt mikronæringsstof.	9
Optræder i følgende oxidationstrin	Molybdæn forekommer på følgende oxidationstrin: +II, +III, +IV, +V, +VI. De højeste oxidationstrin er mest almindelige og stabile.	9
Mest forekommende ioner i jord/vand	I det akvatiske miljø og jordvand findes molybdæn som MoO_4^{2-}	9, 12
Redoxforhold	-	
Udfældning/opløselighed	Molybdæn kan ikke opløses i vand. MoO_4^{2-} kan udfælde under iltfattige forhold med jernmonosulfider.	9
Sorption	Molybdæn vil i det terrestriske miljø være forholdsvis immobilt, da det et højt sorptionspotentiale. Molybdæn kan adsorbere til jernoxider eller organisk stof.	9
Kompleksring	Molybdæn bindes især til jern og aluminiumoxider, bindingen er stærkest omkring pH 4.	12
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Molybdæntrioxid (MoO_3) er klassificeret Xi;R36/37 Xn;R48/20/22	9
Kvalitetskriterier		
Jord	2 mg/kg (økotoksikologisk jordkvalitetskriterium)	12
Grundvand	-	
Afdampning	-	
B-værdi	0,005 mg Mo/m ³ (molybdænforbindelser i uorg. støv)	5
At-værdi	5 mg Mo/m ³ (molybdænforbindelser, opløselige) 10 mg Mo/m ³ (molybdænforbindelser, uopløselige)	8

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

Stoffet omtales første gang i følgende branchebeskrivelse:
 Branchebeskrivelse for produkthandler mv.

Navn	Selen	Reference
Kemisk betegnelse	Se	12
Atomnummer	34	12
Generelt	Anvendes til mange formål i industrien. Selen er et sporstof og findes naturligt i jord. Tilføres desuden jorden ved udbringning af flyveaske, spildevandsslam samt kunstgødning.	12
Optræder i følgende oxidationstrin	Selen forekommer på følgende oxidationstrin: -II, +II, +IV, +VI	12, 13
Mest forekommende ioner i jord/vand	I vand findes aluminium ved pH < 4,5 som Al ³⁺ , ved mindre surt pH som Al(OH) ₂ ⁺ eller AlOH ²⁺ , ved mild eller stærkt alkaliske forhold findes det som Al(OH) ₃ eller Al(OH) ₄ ⁺	
Redoxforhold	Selen findes under alkaline forhold som SeO ₄ ²⁻ og under lavt pH og reducerede forhold som SeO ₃ ²⁻	13
Udfældning/opløselighed	Selen udfældes ved lave eller neutrale pH-forhold, ved højt pH er selen mobilt.	12
Sorption	Selenoxider adsorberer til jordmatricen. Sorptionen er stærkest efter følgende skala: højt indhold af organisk stof i jord > kalkholdig jord > normal jord > saltholdig jord > alkalisk jord.	13
Kompleksring	Selen kan kompleksbindes med jern, jernoxid, jernhydrox, calcium eller hydrogen alt efter pH-forhold vandmætning af jorden.	13
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	T;R23/25 R33 R53	4
Kvalitetskriterier		
Jord	1 mg Se/kg (økotoksikologisk jordkvalitetskriterium)	12
Grundvand	-	
Afdampning	-	
B-værdi	- mg Se/m ³ (selenforbindelser i uorg. støv)	5
At-værdi	0,1 mg Se/m ³ (selen og forbindelser)	8

Navn	Silicium	Reference
Kemisk betegnelse	Si	10
Atomnummer	14	10
Generelt	Silicium udgør sammen med oxygen 75 % af jordskorpen. Silicium anvendes til stållegering, ofte som ferrosilicium. Silicium findes også i glas.	15
Optræder i følgende oxidationstrin	Silicium forekommer på oxidationstrin -IV og +IV	10
Mest forekommende ioner i jord/vand	-	
Redoxforhold	-	
Udfældning/ opløselighed		
Sorption	-	
Kompleksering	I jord findes silicium som oxygen-silicium forbindelser, der danner et fast stof.	15
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	-	
Kvalitetskriterier		
Jord	-	
Grundvand	-	
Afdampning	-	
B-værdi	-	
At-værdi	10 mg Si/m ³	8

Navn	Vanadium	Reference
Kemisk betegnelse	V	9
Atomnummer	23	10
Generelt	Vanadium er først og fremmest et legeringsmetal, der øger hårdheden i stål. Derudover findes vanadium hyppigt i kosttilskud og vitaminpiller. Vanadium er essentielt for visse plante arter, men det vides ikke om det er essentielt for alle organismer.	9
Optræder i følgende oxidationstrin	Vanadium forekommer på følgende oxidationstrin: +II, +III, +IV, +V.	9
Mest forekommende ioner i jord/vand	I vand vil vanadium hyppigst findes på oxidationstrin +IV eller +V. Forbindelser med +V er normalt vandopløselige. I akvatisk miljø findes vanadium som HVO_4^{2-} og VO_3^- , dog vil VO^{2+} og $\text{VO}(\text{OH})^-$ være dominerende under reducerende forhold.	9
Redoxforhold	Der kan observeres en vis mobilitet af vanadium under umættede oxiderede forhold, men mobiliteten er lav under reducerede forhold.	9
Udfældning/ opløselighed	Vanadium er uopløseligt i vand.	9
Sorption	Vanadium kan sorbere til lerholdige jordpartikler.	9
Kompleksering	Vanadium kan fældes ved binding til manganoxid eller jernhydroxid.	9
Klassificering iht. ”listen over farlige stoffer”	Vanadiumpentaoxid (V_2O_5) er klassificeret som Xn;R20/22 Xi;R37 T;R48/23 Rep3;R63 Mut3;R68 N;R51/53	9
Kvalitetskriterier		
Jord	-	
Grundvand	-	
Afdampning	-	
B-værdi	0,0003 mg V/m ³ (vanadiumforbindelser i uorg. støv)	5
At-værdi	0,03 mg V/m ³ (for vanadiumpentaoxid, pulver, støv og røg)	8

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

Stoffet omtales første gang i følgende branchebeskrivelse:
 Branchebeskrivelse for varmeværker

Navn	Diethanolamin	Enhed
Synonym	2,2'-iminodiethanol	
CAS nr.	111-42-2	
Kemisk formel	C ₄ H ₁₁ NO ₂	
Tilstandsform	Viskøs væske eller farveløse krystaller	
Molvægt	105,14	g/mol
Densitet	1,09	g/mL
Kogepunkt	270	°C
Vandopløselighed	Opløselig, >10g/100 mL (14 °C)	mg/L
Flammepunkt	138	°C
Oktanolvand fordelingsforhold (log)	-	
Klassificering	Xn;R22-48/22 Xi;R38-41	
Kvalitetskriterier		
Jord	-	mg/kg TS
Grundvand	-	µg/L
Afdampning	-	mg/m ³
B-værdi	-	mg/m ³
At-værdi	2	mg/m ³

Stoffet omtales første gang i følgende branchebeskrivelse:
 Branchebeskrivelse for autolakerier

Navn	Formaldehyd	Enhed
Synonymer	Formalin, methanal	-
CAS nr.	50-00-0	-
Kemisk formel	HCHO	-
Tilstandsform	Gas	-
Molvægt	30	g/mol
Densitet	0,815	g/ml
Kogepunkt	-20	°C
Vandopløselighed	Vandblandbar	
Damptryk		
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log)	0,00	
Klassificering iht. "liste over farlige stoffer"	T, C, Carc3	
Kvalitetskriterier		
Jord	75	mg/kg TS
Grundvand	-	µg/L
Afdampning	0,001	mg/m ³
B-værdi	0,01	mg/m ³
At-værdi	0,4	mg/m ³

Stoffet omtales første gang i følgende branchebeskrivelse:
 Branchebeskrivelse for metalforarbejdning

Navn	Naphthalen	Enhed
Synonymer	Naphthalin, mølkugler	
CAS nr.	91-20-3	-
Kemisk formel	C ₁₀ H ₈	-
Tilstandsform	Fast stof	-
Molvægt	128,16	g/mol
Densitet	1,162	g/ml
Smeltepunkt	80,6	°C
Vandopløselighed	30	mg/l
Damptryk	0,087	mm Hg
Oktanolvand fordelingsforhold (log)	3 – 3,5	
Klassificering iht. "liste over farlige stoffer"	Ingen	
Kvalitetskriterier		
Jord	-	mg/kg TS
Grundvand	1	µg/L
Afdampning	0,04	mg/m ³
B-værdi	0,04	mg/m ³
At-værdi	50	mg/m ³

Stoffet omtales første gang i følgende branchebeskrivelse:
 Branchebeskrivelse for plastvirksomheder

	Råoliedestillater, diverse	Enhed
Synonym	-	
CAS nr.	64742-53-6, 64742-52-5, 64742-65-0, 64741-88-4, 64741-96-4	
Kemisk formel	-	
Tilstandsform	-	
Molvægt	-	g/mol
Densitet	-	g/mL
Kogepunkt	-	°C
Vandopløselighed	-	mg/L
Damptryk	-	mm Hg
Oktanolvand fordelingsforhold (log)	-	
Klassificering	Carc2, R45	
Kvalitetskriterier		
Jord	25 [#] /100 [*]	mg/kg TS
Grundvand	9 [*]	µg/L
Afdampning	-	mg/m ³
B-værdi	-	mg/m ³
At-værdi	-	mg/m ³

#Sum af C₅-C₁₀ kulbrinter.

*Sum af C₅-C₃₅ kulbrinter.

Stoffet omtales første gang i følgende branchebeskrivelse:
Branchebeskrivelse for autolakerier

Navn	(Natrium)thiocyanat	Enhed	Referencer
Synonym	natrium rhodanide; natrium sulfocyanate;		1
CAS nr.	540-72-7		1
Kemisk formel	CNS ⁻ (Na ⁺)		1
Tilstandsform			
Molvægt	81,07	g/mol	1
Densitet	1,74	kg/l	1
Kogepunkt			
Vandopløselighed	Fuldstændig vandblandbar		1
Flammepunkt			
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log)			
Klassificering	Xn; R20/21/22, R32		4
Kvalitetskriterier			
Jord	-		
Grundvand	-		
Afdampning	-		
B-værdi	-		
At-værdi	-		

Navn	Triethanolamin	Enhed
Synonym	Triethanol, TEA	
CAS nr.	102-71-6	
Kemisk formel	C ₆ H ₁₅ NO ₃	
Tilstandsform	Gul væske	
Molvægt	149,19	g/mol
Densitet	1,126	g/mL
Kogepunkt	335,4	°C
Vandopløselighed	>1E+5	mg/L
Damptryk		mm Hg
Oktanøl-vand fordeling (logKOW)	-1,5	
Klassificering	Ikke klassificeret	
Kvalitetskriterier		
Jord	-	mg/kg TS
Grundvand	-	µg/L
Afdampning	-	mg/m ³
B-værdi	0,01	mg/m ³
At-værdi	3,1	mg/m ³

Stoffet omtales første gang i følgende branchebeskrivelse:
 Branchebeskrivelse for trykkerier

Navn	Vinsol Resin	Enhed	Reference
Synonym	Rosin, terpentinoliefri harpiks, kolophonium		1, 4
CAS nr.	8050-09-7		14
Kemisk formel			
Tilstandsform	Findes på fast form, som flager eller opløst i en vandig opløsning		14
Molvægt			
Densitet	1,22 (ved 25°C)	g/cm ³	14
Kogepunkt			
Vandopløselighed	Uopløseligt		1
Flammepunkt	265	°C	14
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log)			
Klassificering	R43		4
Kvalitetskriterier			
Jord	-		
Grundvand	-		
Afdampning	-		
B-værdi	-		
At-værdi	-		

- 1 www.chemfinder.com. Marts 2004.
- 2 ntp-server.niehs.nih.gov/htdocs/Chem_H&S/NTP_Chem1. 30/10/2003.
- 3 Verschuere, Karel: Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals. Van Nostrand Reinhold. 3. oplag. 1996.
- 4 Miljøstyrelsen 2000: Bekendtgørelse om listen over farlige stoffer. Bekendtgørelse nr. 733 af 31/7-2000. Samt <http://www.mst.dk/default.asp?Sub=http://www.mst.dk/kemi/02000000.htm>. Marts 2004
- 5 Miljøstyrelsen 2000: B-værdivejledningen. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 2, 2002.
- 6 Miljøstyrelsen 2003: Liste over kvalitetskriterier i relation til forurenede jord. Opdateret juli 2003.
- 7 Miljøstyrelsen: Kemiske stoffers opførelse i jord og grundvand. Bind 2. Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen. Nr. 20, 1996.
- 8 Arbejdstilsynet: Grænseværdier for stoffer og materialer. Vejledning C.0.1. Oktober 2002.
- 9 Miljøstyrelsen: Grundstofferne i 2. geled – et miljøproblem nu eller i fremtiden?, Miljøprojekt Nr. 700. Miljøstyrelsen, 2002.
- 10 Gerd Rickers: Grundstoffernes periodiske system. Linde Tryk, 1993 udgave.
- 11 Miljøstyrelsen: Soil Quality Criteria for Selected Inorganic Compounds. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen no. 48, 1995.
- 12 Miljøstyrelsen: Økotoksikologiske jordkvalitetskriterier. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr.82, 1997.
- 13 Adriano, D.C.: Trace Elements in the Terrestrial Environment. Springer-Verlag. 1986.
- 14 Darwin Chemical Company. www.darwinchemical.com/products/specs/Q041.html. Lokaliseret 03-03-2004.
- 15 Kofstad, P.: Uorganisk kemi, en indføring i grundstoffenes kemi. TANO. 1987.

Bilag 3

Oversigt over anvendte råvarer

Oversigt over indhold af kemiske komponenter i anvendte råvarer

I dette bilag præsenteres typiske sammensætninger af de i beton- og cementindustrien anvendte råvarer; cement, mikrosilica, flyveaske, formolie, armeringsstål, primære og sekundære tilsætningsstoffer.

Cement

Cement fremstilles af sand, kridt, flyveaske og gips. I Tabel 1 er angivet sekundære komponenter i forskellige cementtyper /9/.

Produktnavn	Enhed	BASIS [®]	LAVALKALI SULFATBESTANDIG	AALBORG WHITE [®]
SO ₃	%	2,9	2,0	2,1
MgO	%	0,9	0,8	0,6
Ækv. Na ₂ O	%	0,58	0,38	0,22
Cl ⁻	%	0,04	0,01	0,01
Glødetab	%	6	0,6	0,5
Uopløselig rest	%		0,1	0,1
Vandopløseligt Cr ⁶⁺	mg/kg	≤ 2	≤ 2	≤ 2

Tabel 1 Indhold af sekundære komponenter i cement.

Mikrosilica

Mikrosilica er et restprodukt fra fremstilling af ferrosilicium og/eller siliciummetaller. I Tabel 2 er angivet typiske værdier for kemisk sammensætning af mikrosilica /23/.

	Indhold
SiO ₂	85-98 %
Fe ₂ O ₃	0,02-3,5 %
Al ₂ O ₃	0,1-3,0 %
CaO	0,08-0,7 %
MgO	0,3-3,0 %
Total K ₂ O+Na ₂ O	0,3-3,5 %
SO ₃	0,1-1,0 %
Glødetab	0,8-3,0 %

Tabel 2 Indhold i mikrosilica.

Flyveaske

I beton anvendes flyveaske fra kulfyrede kraftværker. Flyveaske er 0-1 mm små partikler af jern- og aluminiumholdige silikatglaser. Flyveaske indeholder desuden forskellige salte samt mindre mængder af tungmetaller. I Tabel 3 er angivet indhold af salte og tungmetaller i flyveaske anvendt i beton. /8, 31/

Salte (g/kg)	Indhold
Chlorid	0,1
Sulfat	9
Natrium	15
Kalium	20
Calcium	30
Magnesium	21
Tungmetaller (g/kg)	
Bly	0,02
Cadmium	0,0003
Chrom	0,07
Zink	0,95
Nikkel	0,16
Kobber	0,23

Tabel 3 Indhold i flyveaske fra kulfyret kraftværk.

Andre kilder angiver desuden, at flyveaske indeholder spor af vanadium, molybdæn, selen og arsen /8, 32/.

Formolier

Formolierne består i hovedregel af hvide mineralolier, men kan også være baseret på vegetabiliske olier. Tilsat til olien er i nogen tilfælde fedtsyrer, emulgator, alifatiske eller aromatiske kulbrinter, isoparaffiner. I enkelte tilfælde er hovedbestanddelen i formolien estreolier af naturlige fedtsyrer, /32/.

Armeringsstål

Stål til armering er legeret jern. De mest anvendte jernlegeringer i bygningsstål er /19/:

- Silicium 0,5 - 1 %
- Mangan 0,1 - 0,5 %
- Nikkel 1 – 10 %.

Primære tilsætningsstoffer

Der findes i cement- og betonvareindustrien følgende primære tilsætningsstoffer:

- Acceleratorer
- Luftindbladingsstoffer
- Plastificering/superplastificering
- Retardere.

	Plastificerere	Super plastificere	Luftindb./plast.	Luftindb.	Accelerator	Retartor	Vandtæt.	Diverse
Pulver	x			x	x		x	x
Væske	x	x	x	x	x	x	x	x
Aktive komponenter								
Aluminat	x				x			
Alifatisk amin	x	x		x	x			
Aluminium	x							x
Chlorid	x				x	x		
Thiocyanat					x			
Fosfat		x				x		
Ferrosulfat								x
Formiat	x	x			x			
Fedtsyre				x			x	
Hydroxycarboxylsyre	x	x	x		x	x	x	
Karbonat	x				x			
Lignosulfonat	x	x	x	x	x	x		x
Melaminforbindelse		x			x			x
Naphthalenforbindelse	x	x				x		x
Nitrat		x			x			
Nitrit					x			
Polyhydroxyforbindelse	x	x	x			x		
Plastkugler				x				
Silikat					x		x	
Siliciumfluorid, fluat	x							
Silikone								
Stearat	x						x	
Sulfat								
Tensid	x	x	x	x	x	x	x	
Triethanolamin	x	x			x			
Vinsol resin	x			x				
Ethersulfat				x				x
Formaldehyd								
Kationer								
Calcium	x	x	x		x			
Kalium					x		x	
Magnesium	x							
Natrium	x	x	x	x	x	x	x	
Zink	x							

Tabel 4 Indhold i primære tilsætningsstoffer.

Sekundære tilsætningsstoffer (anvendes ved fremstilling af specialbeton)

Frysepunktssænkende:	Alkoholer, glycoler, chlorider, uorganiske salte
Ekspanderende:	Jernpulver, sulfo-aluminet-cement
Vandafvisende:	Stearinsyre, oliesyre, fedtstoffer, butyl-stearat, voksemulsioner, calciumstearat, aluminiumstearat, kulbrinteharpikser, bitumen
Permeabilitetsreducerende:	Bentonit, kalk, kiselgur
Pumpeforbedrende:	Alginater, polyethylenoxider, celluloseethere
Alkali-kisel reaktionsreducerende:	Lithium- og bariumsalte, puzzolaner
Korrosionsreducerende:	Sulfitter, nitritter, benzoater
Svampedræbende:	Kobbersalte, dieldrin, polyhalogenerede forbindelser
Skumdæpende:	Polyfosfater, polyphthalater, silikoner, alkoholer
Gasdannende:	Brintperoxid, aluminiumspulver, magnesium, zink, maleinsyre-anhydrid
Flokkulerende:	Poly-elektrolytter
Mineralske bindemidler	

Fillere	Kalk, talk, kvarts, bentonit, kridt
Bindemidler	Slagge, hydraulisk kalk
Puzzolaner	Flyveaske, trass, kiselgur

Table 5 Indhold i mineralske bindemidler.

Klæbeforbredrende:	Silikoner, polymere (ex. polyvinylacetat, polyvinylpropylen, akryl-, epoxy-, poly-urethan-, styren-butadien-forbindelser)
Pigmenter:	

Sort	Sort jeroxid, mangansort, carbon black
Blå	Ultramarin blå, ftalcyanin blå, kobolt blå
Blågrøn	Chromoxidhydrat
Grøn	Chromoxid, ftalcyanin grøn
Rød	Rød jernoxid
Brun	Ferroxid
Gul	Jernoxid hydrat, blyantimonat
Hvid	Titandioxid

Table 6 Indhold i pigmenter.

Bilag 4

Erfaringer fra tidligere undersøgelser

Erfaringer fra tidligere undersøgelser

På beton- og cementvarefabrikker er der som tidligere beskrevet flere kilder til jord- og grundvandsforurening.

Miljøstyrelsens register over forurenede arealer

Amternes Videncenter for Jordforurening har lavet et udtræk fra amternes ROKA database. I databasen findes en industritype benævnt "Fremstilling af bygningsartikler". Denne kategori er dermed ikke udelukkende beton- og cementvarefabrikker, men kan også dække andre industri typer f.eks. stål eller træindustri. I nedenstående tabel er lavet en opgørelse over hvilke typer af forureninger der er påvist på lokaliteterne, dette er inddelt i de 4 hovedgrupper, olie/benzin, tungmetaller, tjære/PAH og opløsningsmidler. Sidstnævnte dækker her en eller flere komponenter fra BTEX-stofgruppen. Dermed er der på ingen af de 43 lokaliteter påvist forurening med chlorerede opløsningsmidler.

Olie/benzin	18
Tungmetaller	18
Tjære/PAH	2
Opløsningsmidler	5
Total ROKA	43

Tabel 1 Oversigt over lokaliteter med fremstilling af bygningsartikler registreret i ROKA.

Af tabellen ses det at de typiske forureninger er hhv. olie/benzin og tungmetaller. Dette kunne tyde på at tankanlæg til maskinbrændstof er en vigtig kilde til forurening på disse lokaliteter. Eftersom det ikke vides præcis hvilke brancher betegnelsen 'Fremstilling af bygningsartikler' dækker over, og eftersom det ikke er oplyst, hvilke aktiviteter undersøgelserne er rettet mod, er det ikke muligt at vurdere yderligere på de mange fund af tungmetaller på lokaliteterne.

Undersøgelserapporter

Ved rundspørge i amterne har Amternes Videncenter indsamlet oplysninger om 5 lokaliteter med betonvarefabrikker, hvor forureningen kan vurderes at stamme fra denne aktivitet. Derudover er beskrevet en lokalitet, hvor der i øjeblikket (forår 2004) sker undersøgelser.

For flere af lokaliteterne har der været andre forurenende aktiviteter end beton- og cementvarefabrik på stedet, dette medfører at det ikke muligt at konkludere i vidt omfang på hvor vidt forureningen stammer fra den ene eller den anden aktivitet.

1. Ved en undersøgelse blev der konstateret overfladenær forurening med olie på en befæstet indsmøringsplads til indsprøjtning af betonbiler. Det omkringliggende ubefæstede areal var ligeledes forurenet, da olie var blevet ført med vinden. Derudover blev der på en påfyldningsplads med et overjordisk tankanlæg konstateret forurening med dieselolie.
2. Ved en anden undersøgelse, hvor der havde været en del andre aktiviteter på lokaliteten, blandt andet en opfyldt grusgrav, blev årsagen til en olieforurening tilskrevet en tidligere

vaskeplads for en beton- og cementfabrik. Det blev i grundvandet ca. 6,5 m u. t. konstateret tegn på, at forureningen havde spredt sig til grundvandet, dog blev der kun påvist koncentrationer under det gældende kvalitetskriterium.

3. På en tredje lokalitet er der konstateret forurening med flyveaske, de nærmere omstændigheder er ikke oplyst.
4. På denne ejendom har der været betonvarefabrik siden 1962 og frem til i dag. Der er på ejendommen bl.a. sket produktion af betonfliser. På ejendommen findes bl.a. en nedgravet benzintank og en nedgravet gasolietank. Ved en undersøgelse i 1997 blev der konstateret forurening med oliekomponenter og trichlorethylen. Kilden til forureningen med trichlorethylen er ikke identificeret.
5. På denne ejendom har der fra 1907 være kalksandstensfabrik. Fra omkring 1960 og frem til i dag har der været betonvarefabrik. Ved en registreringsundersøgelse i 1996/97 konstateres der ingen tegn på forurening, der kan vurderes at udgøre en risiko for miljøet. I 1999 konstateres en ny forurening med hydraulikolie i en kabelgrav.
6. På denne lokalitet pågår for tiden en forureningsundersøgelse. Her foretages der undersøgelse af jordprøver for tungmetallerne bly, cadmium, chrom, kobber, nikkel og zink samt total kulbrinter og BTEX. Grundvandsprøver fra lokaliteten undersøges for BTEX, total kulbrinter samt chrom, herunder også chrom(VI). Resultater foreligger ikke endnu.

Det generelle billede er derfor at sprøjte- og vaskepladser, samt tankanlæg ofte giver anledning til olieforurening, mens at også forurening fra flyveaske kan forekomme. Ingen af de udførte undersøgelser omfatter dog additiver.

Bilag 5

Metodebeskrivelser

Metodebeskrivelser

I det følgende er de enkelte elementer i en kortlægningsundersøgelse frem til vidensniveau 2 beskrevet nærmere.

Undersøgelserprogrammet er opdelt i et standardprogram og et supplementprogram.

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

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

Undersøgelsesmetoder

Standardprogrammet anbefales at indeholde:

- Udførelse af boringer (korte indtil 1 m u. t. og dybere indtil minimum 3-4 m u. t.) og udtagning af jordprøver i udendørsområder; ved oplag af råvarer og affald, ved tidligere eller eksisterende samlebrønde i kloaksystemet, olieudskillere og slamneutraliseringsbassiner og ved nedgravede tanke. Der bør ligeledes bores ved påviste utætheder i kloakledninger med forbindelse til produktions- og lagerområder og særligt på områder, hvor der er sket indsmøring af betonbiler eller støbeforme.
- Ved tilstedeværelse af terrænnære grundvandsmagasiner udføres der en eller flere filtersatte boringer med henblik på vandprøvetagning. Der bør placeres filtersatte boringer ved eller nedstrøms de potentielle forureningskilder.

Supplementprogrammet kan omfatte TV-inspektion af kloaksystem, lækagetest på tankanlæg, der er i drift, gravninger, feltmålinger på overfladejord og lokalisering af nedgravede tanke og rørføringer ved geofysiske opmålinger.

I det følgende er undersøgelsesmetoderne gennemgået nærmere.

Lækagetest

For tankanlæg indeholdende benzin, dieselolie eller anden olie og som stadig er i drift anbefales det at udføre lækagetest.

Ved tanktest tilsættes et sporstof til tanken indhold. Efter en tidsperiode måles med sædvanligt poreluftudrustning (se senere) for sporstof samt komponenter fra tankens almindelige indhold. Målinger laves både i tank, udenfor tank og evt. langs rørføringer. Målingen i tanken kan indikere hvor meget af det tilsatte sporstof der er tilbage i tanken.

Lækagetest er bedre indikatorer for forureningsspredning end sædvanlige boringer, da det ikke altid er sikkert at boringen placeres korrekt i forhold til en forureningslækage.

Boringer og filtersætning

Udførelse af boringer og udtagning af jordprøver er detaljeret beskrevet i Miljøstyrelsens prøvetagningsvejledning /13/. Boringerne føres minimum til bund af fyldlag eller til samme dybde som bund af brønde, olieudskillere, nedgravede tanke mv. Boringer indtil ca. 1 m u. t. er velegnede til undersøgelse af overfladenær og evt. diffus forurening, mens boringer på minimum 3-4 m u. t. er velegnede til undersøgelse af koncentrerede forureningskilder og til undersøgelse af grundvandsforurening.

Under borearbejdet udarbejdes der feltjournal med angivelse af:

- Prøvetagningsdybder.
- Geologisk beskrivelse af jordtyper, forureningsbedømmelse, laggrænser og boreddybder.
- Jordens fugtighed med henblik på forventet beliggenhed af grundvandsspejl.
- Filtersætning, afpropning, retablering og vandspejlsobservationer.

Det anbefales, at der altid etableres minimum en filtersat boring f.eks. hvor der findes olieudskillere og samlebrønde, især af ældre dato, da disse ofte viser sig at være utætte.

Det anbefales endvidere, at der udføres korte lokaliseringsboringer til undersøgelse af overfladenær forurening med olie og tungmetaller, da dette er forureningskomponenter, der ofte er konstateret og vurderes at kunne findes i forbindelse med undersøgelser på beton- og cementvarefabrikker.

TV-inspektion af kloaksystem

Hvis kloaknettet er af ældre dato eller oplysningerne om udformning eller tilstand er mangelfulde kan der udføres en TV-inspektion, der vurderer risikoen for udsivning fra et defekt kloakrør til det omkringliggende miljø. Udsivning af vand fra kloak kan medføre forurening, da afløbsvandet ofte er olie- og slamholdigt.

Ved TV-inspektionen trækkes et kamera gennem kloaksystemet. Kameraet registrerer rørens tilstand og skader på rørene.

I tilfælde, hvor f.eks. aflejringer på indersiden af rørene eller forskydninger af samlinger kan skabe tvivl om, hvorvidt der kan ske en udsivning, kan TV-inspektionen suppleres med en tæthedsprøvning af en rørstrækning. Tæthedsprøvning udføres typisk med vand eller luft.

Ud fra TV-inspektion eller tæthedsprøvning kan forureningskilder stammende fra udsivning fra kloaksystemet lokaliseres.

Det anbefales at anvende et TV-inspektionsfirma, som anvender et anerkendt kvalitetssikringssystem, f.eks. firmaer der er tilsluttet Danske TV-inspektionsfirmaers kontrolordning (DTVK).

Gravninger

Nogle beton- og cementvarefabrikker kan være etableret nær grusgrave og lignende, hvor der udvindes sand til betonen. Sådanne grus- eller sandgrave fyldes ofte efterfølgende med

tilkørte materialer. Dette kan være både rene jordmaterialer, men kan også være affald. I sådanne tilfælde bør det overvejes at supplere borearbejdet med gravninger på de steder, hvor der er kendskab til at der tidligere har været en grusgrav.

Gravninger giver et bedre billede end borer af hvad der findes overfladenært i et område eftersom mere af den underliggende jord blotlægges. Gravninger udføres normalt med rendegraver eller lignende. Udgravning med maskine giver et godt overblik over lagfølgen og forureningens rummelige variation langs gravefronten, hvilket har betydning ved vurdering af en evt. affaldsdeponering.

I felten optegnes profiler med beskrivelse af det gennemgravede fyld og eventuelt affald. Herudover er det en god ide at fotografere graveprofilet og det opgravede fyld.

Det skal dog bemærkes, at prøvegravninger kan blive omkostningskrævende, hvis der ikke inden opgravningen foreligger accept fra de relevante parter om tilbagefyldning af evt. forurenede jord efter endt gravning.

Feltmålinger på overfladejord

Hvis der på lokaliteten har været anvendt flyveaske og der samtidigt findes ubefæstede arealer kan det være en god ide at foretage feltmålinger (med EDXRF) spredt på lokaliteten. Det kan give en vurdering af omfanget af en eventuelt tungmetalforurening og kan give grundlag for fastlægning af prøvetagningssteder for jordprøver der sendes til laboratorieanalyse.

Lokalisering af nedgravede tanke og rørføringer

Ved undersøgelser, der omfatter nedgravede tankanlæg, kan det tilgængelige kort- og informationsmateriale være mangelfuldt og unøjagtigt. I sådanne tilfælde kan der anvendes geofysiske metoder, som f.eks. målinger med protonmagnetometer, georadar eller metaldetektor .

Metoderne kan anvendes ved lokalisering af nedgravede tanke, tromler og rør- installationer ned til 2-3 m u. t. Metoderne er følsomme overfor genstande af metal, hvorfor der kan være mange fejlkilder. Det gælder naturligvis nedgravede rør, men også hegn af metal, armeringsjern i beton osv. kan øve indflydelse på de geofysiske målemetoder.

Prøvetagningsmetoder

Standardprogrammet anbefales at indeholde udtagning af jordprøver samt udtagning af vandprøver fra terrænnære grundvandsmagasiner. Supplementprogrammet kan omfatte udtagning af vandprøver fra større sekundære grundvandsmagasiner og fra primære grundvandsmagasiner. I det følgende er prøvetagningsmetoderne beskrevet nærmere.

Jordprøver

Ved overfladedeponeringer og pladser til opbevaring af affald, f.eks. brækage og slam, kan udtagning af jordprøver fra terrænnære jordlag være ideelt i forhold til forureningskomponenter, der adsorberes kraftigt til jorden, f.eks. tungmetaller og olieprodukter.

Fra boringer udtages typisk to jordprøver for hvert jordlag dog minimum for hver halve boremeter til beskrivelse af jordtype, PID-måling og evt. kemisk analyse.

Jordprøver kan evt. blandes med henblik på at minimere analyseomkostningerne. Det anbefales, at der ikke blandes mere end fem delprøver. Blanding af prøver er velegnet til prøvetagning for tungmetaller og ikke flygtige olietyper, men må aldrig anvendes, hvor der skal analyseres for flygtige forureningskomponenter pga. risiko for fordampningstab under blandingen.

Ved blanding af prøver bliver resultatet et gennemsnitsindhold af forureningen i jorden i det undersøgte område. Herved mistes informationer om, hvilke prøvetagningspunkter, der indeholder høje eller lave koncentrationer. Til gengæld fås et billede af den generelle belastning af det undersøgte område.

Prøvetagningsmetode, emballering, håndtering og opbevaring af prøverne skal tilpasses forureningens art. Det er overordentlig vigtigt, specielt ved flygtige forureninger, at udtagne jordprøver emballeres i membranglas eller redcap/duranglas med teflonlåg, hvor prøver kan ekstraheres direkte i glasset. Det er desuden vigtigt, at plastmaterialer i prøveemballagen ikke kan afgive enkelt-komponenter (f.eks. phthalater) til jordprøven. Derfor frarådes generelt pakninger af plast/gummi i prøveglas. Prøver til analyse for flygtige, organiske forureninger skal håndteres så lidt som muligt og skal opbevares mørkt og køligt i felten, under transport og under opbevaring i laboratoriet. Sådanne prøver bør analyseres inden for maksimalt 24 timer efter prøveudtagning /13/.

Mere detaljerede retningslinjer for udtagning af jordprøver og deres håndtering fremgår af /13/.

Prøver af grundvand

I prøvetagningen indgår tre faser:

- Forpumpning.
- Prøvetagning.
- Prøveemballering, -håndtering og -opbevaring.

Ved forpumpning af højtydende borerer bør vandet passere en pH-, ilt- og ledningsevne måler. Når pH, iltindhold og ledningsevne bliver konstant udtages vandprøven. På denne måde sikres det, at der udtages en vandprøve, der repræsenterer grundvandsmagasinet bedst muligt. Der skal dog som minimum forpumpes en vandmængde svarende til 10 gange vandmængden i filter og blindrør /1/.

Ved lavtydende borerer, hvor boreren tørpumpes, inden forpumpningen er afsluttet, bør boreren tørpumpes 1-4 gange inden prøvetagningen /37/. I terrænnære grundvandsmagasiner er borerne typisk lavtydende.

Prøvetagningen bør udføres i direkte forlængelse af forpumpningen. Filtre, pumpe slanger og beholdere af blød plast (især PVC) skal undgås, da disse kan afgive blødgøringsmidler og opløsningsmidler. I stedet anbefales filtre og pumpe slanger af PE-HD og prøvetagningsbeholdere af glas /37/.

Prøvetagningsmetode, emballering, håndtering og opbevaring af prøverne skal tilpasses forureningstype. Det er derfor overordentlig vigtigt, specielt ved flygtige, organiske forureninger, at vandprøven ikke sprøjtes ned i prøveemballagen, da der herved kan forekomme en betydelig stripning af flygtige stoffer fra prøven. De udtagne vandprøver emballeres i glas flasker med teflonlåg og opbevares mørkt og køligt i felten, under transport og under opbevaring i laboratoriet for at minimere fordampningsrisikoen /37/. Prøver til analyse for tungmetaller bør syrekonserves i felten efter laboratoriets anvisninger.

Mere detaljerede retningslinjer for udtagning af vandprøver og deres håndtering er nærmere beskrevet i /37/.

Feltanalyser

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

For beton- og cementvarefabrikker kan følgende feltanalyser være aktuelle:

- PID/FID anvendes til vurdering af flygtige forbindelser i headspacen over en jordprøve. Apparatets følsomhed afhænger af, hvilken type lampe detektoren er udstyret med. Metoden er ikke stofs specifik.
- Metalscreening med røntgenfluorescenceteknik (EDXRF). Metoden giver en orientering om, hvorvidt jorden er forurenet med almindeligt forekommende metaller, og hvilken variation der kan forventes over undersøgelsesområdet.

Yderligere oplysninger om forskellige feltmetoder findes i /1, 18, 38/.

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

- Registrering af observationer i felten, såsom misfarvning, fyldmateriale og geologiske aflejringer.
- Registrering af uklarheder, oliefilm og lignende i oppumpet vand.
- Screening af jordprøver i felten og/eller i laboratorium for flygtige ioniserbare forbindelser ved PID/FID.

Som supplement kan det overvejes at screene et større antal jordprøver i felten for indhold af metaller med røntgenfluorescenceteknik (EDXRF).

I tabel 1 er feltmetoderne sammenfattet med angivelse af analysemetoder, parametre og vejledende detektionsgrænser /13, 38/.

Analysemetode	Komponenter	Vejl. detektionsgrænse
Tungmetaller	1.	
Røntgenfluorescens (ECXRF)	Bly	20-40 mg/kg
	Cadmium	20-30 mg/kg
	Chrom	70-160 mg/kg
Måles direkte på jordprøve	Kobber	30-50 mg/kg
	Nikkel	30-80 mg/kg
	Zink	30-80 mg/kg
	Arsen	20-40 mg/kg
	Molybdæn	15-20 mg/kg
Kulbrinter		
PID/FID	BTEX	-
	Naphthalenforbindelser	-
Måles på headspace over jordprøve	Benzin	1-10 mg/kg
	Diesel-/fyringsolie	20-100 mg/kg
	Formolie	20-100 mg/kg

Table 1 Overview of field analyses.